

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Drtič plastového odpadu
Plastic Waste Crusher

Student:

Jakub Kondělka

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář

Ostrava 2018

Zadání bakalářské práce

Student: **Jakub Kondělka**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2302R010 Konstrukce strojů a zařízení**
Specializace: **21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení**
Téma: **Drtič plastového odpadu**
Plastic Waste Crusher
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

Vypracujte projekčně-konstrukční návrh drtiče, přednostně určeného pro drcení plastového odpadu. Drtič navrhnete jako mobilní s ohledem na bezpečnost při práci, snadnou manipulaci a přístup k často se opotřebovávajícím součástem.

Výchozí parametry:

Velikost výstupní frakce	10 až 30 mm
Přibližný plošný rozměr drtící komory (šířka x délka)	cca 250x350 mm
Zpracovávaný materiál	plastové nádoby do objemu 10l
Pohon	asynchronní elektromotor
Výkon	cca 100 kg.h-1

Provedte:

- stručné zhodnocení stávajícího stavu techniky v dané oblasti,
- zpracování možných variant a výběr nejlepšího řešení dle zvolených kritérií,
- technickou zprávu s popisem funkce navrhovaného zařízení v návaznosti na výkresovou dokumentaci a výpočtovou část technické zprávy,
- projekční návrh kompletního řešení drtiče,
- detailní konstrukční zpracování řešení násypky, drtící komory, drtícího mechanismu, rámu a pohonu drtiče včetně během zpracování určených konstrukčních uzlů,
- výkresovou dokumentaci v celkovém rozsahu min.1xA0.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] FS_SME_05_003 verze: H *Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce.*,
- [2] ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura.* Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [3] NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů.* 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.
- [4] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. *Strojnické tabulky* (4. přepracované vydání). Úvaly, 2008, ALBRA – pedagogické nakladatelství. 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [5] KŘÍŽ, R. *Strojnické tabulky II. Pohony.* Ostrava : Montanex, 1997, 213 s. ISBN 80-85780-51-8
- [6] POLICKÝ: *Úpravárenské stroje I.* VUT Brno 1987.

- [7] JASÁŇ, V.: LEMESÁNYI, L: *Úpravnické stroje I*. VŠT Košice 1987.
- [8] Firemní literatura a podklady, odborné časopisy apod.
- [9] Literární rešerše zpracovaná v rámci ročníkového a bakalářského projektu.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 27.05.2018


.....

podpis

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3.).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít toto dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21.05.2018



podpis

Jakub Kondělka

Myslík 54

739 41 Palkovice

Poděkování

Děkuji panu doc. Dr. Ing. Ladislavu Kovářovi za odbornou a velmi užitečnou pomoc, kterou mi poskytl při zpracování mé bakalářské práce.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KONDĚLKA, J. Drtič plastového odpadu: Bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2018, 79 s. Vedoucí práce: Kovář, L.

Bakalářská práce se zabývá rozpracováním tří návrhů drtičů plastů. Následně je vybrán nejlepší návrh splňující zadané vlastnosti a ten je detailně popsán včetně všech zásadních částí, popsán na vložených obrázcích. Práce pak obsahuje samotný výpočet navrhovaného drtiče plastů. Práce je rozdělena na dvě základní části – teoretickou a praktickou. Teoretickou část práce tvoří popisy jednotlivých druhů drtičů plastů dostupných na trhu doprovázených obrázkovou dokumentací. V této části jsou dále uvedeny popisy možného druhu vstupního odpadu, také doprovázeny obrázkovou dokumentací. Praktická část je pak zaměřena na samotný popis konstrukce tří variant drtičů, ve kterých jsou podrobněji uvedeny varianty drtiče plastů drtícího pomocí jedné hřídele, dvou hřídel v poloze nad sebou a dvou hřídel v poloze vedle sebe. Tato část dále obsahuje detailní popis konstrukčních částí zvoleného návrhu drtiče plastů, který obsahuje obrázky a výpočty. K práci jsou přiloženy výkresy.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

KONDĚLKA, J. Plastic Waste Crusher: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2018, 79 p. Supervisor: Kovář, L.

Bachelor work is interested in development of three project Plastic Waste Crusher. After that there is chosen the best proposal which comply our specified properties and that proposal we will detaily describe including all essential parts, which is describe inputed picture. Bachelor work contains calculation of plastic waste crusher proposal. Work is divided in to the two main parts, the theoretical and the practical part. Theoretical part is made of descriptions of individuals type of plastic waste crushers which are available on the market with picture documentations. In this part of work there are mentioned descriptions of possible type input waste which are also available on the market with picture documentaions. Practical part is focused on description of construction of three variations crushers where is more detaily

meontioned variations of waste crushers which crush by one shaft, two shafts in position above and two shafts position abreast. This part also contains detail description construction parts of chosen proposal of plastic waste crusher which contains pictures and calculations. At the conclusion there is enclosed drawing of our plastic waste crusher.

OBSAH

1. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	11
2. ÚVOD.....	14
3. REŠERŠE DRUHŮ DRTIČŮ.....	15
3.1 Jednohřídelové drtiče	15
3.2 Dvouhřídelové drtiče.....	16
3.3 Vícehřídelové drtiče	16
3.4 Bubnové drtiče	17
4. REŠERŠE VSTUPNÍCH DRUHŮ ODPADU	18
4.1 PET lahve do 2 litrů	18
4.2 PET lahve od 2 do 5 litrů	18
4.3 PET lahve od 5 do 10 litrů	19
4.4 Plechové výrobky o obsahu od 0,1 do 5 litrů.....	19
4.5 Opad ze dřeva o odpovídající velikosti.....	20
5. VARIANTY ŘEŠENÍ.....	21
5.1 Vstupní parametry konstruovaného drtiče odpadu	21
5.2 Požadavky na konstruovaný drtič odpadu.....	21
5.3 Orgánová struktura.....	23
5.4 Varianty řešení drtiče plastů.....	24
5.4.1 Varianta 1 – Návrh konstrukce drtiče s jednou hřídelí	24
5.4.2 Varianta 2 - Návrh konstrukce drtiče se dvěma hřídelemi nad sebou	27
5.4.3 Varianta 3 - Návrh konstrukce drtiče se dvěma hřídelemi vedle sebe.....	30
6. VLASTNÍ NÁVRH KONSTRUKCE DRTIČE ODPADU.....	34
6.1 Drticí komora	35
6.1.1 Hnací hřídel.....	36
6.1.2 Hnaná hřídel.....	37
6.1.3 Přenos kroutivého momentu	38
6.2 Nosný rám	38

6.3	Ukotvení drtící komory v nosném rámu	39
6.4	Dvířka s násypkou.....	40
6.5	Pěchovadlo a krycí plechy	41
6.5.1	Popis pohybu pěchovacího zařízení.....	44
6.6	Montáž motoru	44
6.7	Odpadní vozík	45
6.8	Řez navrhovaným drtičem odpadu během drcení	45
6.9	Ergonomie navrhovaného drtiče odpadu	49
7.	VÝPOČTY NAVRHOVANÉ KONSTRUKCE DRTIČE ODPADU	50
7.1	Výpočet potřebné střižné síly	51
7.2	Výpočet potřebného výkonu	58
7.3	Výpočet minimálního průměru hřídelí	59
7.4	Výpočet kontroly pera na otlačení	62
7.5	Výpočet kontroly ložisek	64
7.6	Výpočet evolventního drážkování.....	65
7.7	Výpočet rozměrů ozubeného kola.....	67
7.8	Výpočet návrhu pružiny	70
7.9	Výpočet zatížení nosného rámu	72
8.	ZÁVĚR	75
9.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	76
10.	SEZNAM OBRÁZKŮ	78
11.	SEZNAM TABULEK.....	80
12.	PŘÍLOHY	I

1. SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Pořadí	Zkratka	Veličina	Jednotka
1	a	Vzdálenost	[m]
2	b	Vzdálenost	[m]
3	c_a	Hlavová vůle	[m]
4	D	Roztečná kružnice	[m]
5	D_{a1}	Průměr hlavové kružnice	[m]
6	D_{a2}	Průměr patní kružnice	[m]
7	D_s	Střední průměr drážkování	[m]
8	d	Průměr náboje	[m]
9	d_d	Průměr drátu pružiny	[m]
10	d_{f1}	Průměr paty zubu	[m]
11	d_{min}	Minimální průměr hřídele	[m]
12	F_{max}	Maximální střižná síla na jednom noži	[N]
13	F_{max1}	Maximální střižná síla na jednom noži působící v hrdle lahve	[N]
14	F_{max2}	Maximální střižná síla na jednom noži působící na stěně lahve	[N]
15	$F_{celková2}$	Celková střižná síla, po sečtení střižných sil	[N]
16	F_{max3}	Maximální střižná síla na jednom noži působící na dno lahve	[N]
17	F_c	Celková střižná síla všech působících nožů	[N]
18	F_r	Radiální síla od převodovky	[N]
19	F_z	Radiální síla od ozubených kol	[N]
20	F_1	Zatěžující obvodová síla na 1 zub	[N]
21	F_{p1}	Síla předpjatá na pružině	[N]
22	F_{p2}	Tlačná síla na pružině	[N]

	F_{pn}	Maximální tlačná síla na pružině	[N]
23	h_a	Výška hlavy zubu	[m]
24	h_f	Výška paty zubu	[m]
25	k_1	Poměr mezi maximálním odporem ve stříhu a mezi pevnosti	[–]
26	k_2	Zvětšení střížné síly po otupění nožů	[–]
27	k_3	Zvětšení boční vůle mezi střížnými noži	[–]
28	L_0	Volná délka pružiny	[m]
29	L_1	Délka pružiny při působení předpětí	[m]
30	L_2	Stlačená délka pružiny	[m]
31	L_{10h}	Životnost ložisek	[hod]
32	l	Délka	[m]
33	l'	Minimální délka	[m]
34	M_{kc}	Celkový kroutivý moment	[Nm]
35	M_{k1}	Kroutivý moment na jedné hřídeli	[N.m]
36	M_{k2}	Kroutivý moment na výstupu převodovky	[N.m]
37	m	modul	[–]
38	n_v	Požadované otáčky	[ot.min ⁻¹]
39	n_z	Počet střížných nožů	[–]
40	o	Osová vzdálenost	[m]
41	P_{em}	Výkon elektromotoru	[W]
42	p_d	Dovolený tlak	[Mpa]
43	p_{d2}	Dovolený tlak	[Mpa]
44	p_2	Tlak	[Mpa]
45	Q	Spojité zatížení	[N]
46	R_m	Mez pevnosti v tahu	[Mpa]
47	R_{ay}	Reakce na hřídeli	[N]
48	R_{by}	Reakce na hřídeli	[N]
49	r_r	Poloměr nože	[N]

50	S	Plocha průřezu	$[m^2]$
51	s^n	Tloušťka zubu	$[m]$
52	t_1	Výška	$[m]$
53	u	Počet hřidelí	$[-]$
54	z	Počet zubů	$[-]$
55	τ	Smykové napětí	$[Mpa]$
56	τ_{max}	Mez pevnosti ve střihu	$[Mpa]$
57	τ_{Ds}	Smykové napětí dovolené	$[Mpa]$
58	π	Poměr obvodu	$[-]$
59	γ_m	Koeficient pro výpočet šířky zubu	$[-]$
60	σ_{Do}	Dovolené napětí v ohybu	$[Mpa]$

2. ÚVOD

Předmětem této bakalářské práce je návrh řešení drtiče na plastový odpad pro použití v domácnosti nebo v malých firmách. Během vypracování návrhu drtiče, jsem vycházel ze Zadání bakalářské práce a určených výchozích parametrů uvedených na straně 2 této bakalářské práce. Na základě tohoto zadání by měl vzniknout návrh drtiče, který je vypracován s ohledem na snadnou manipulaci, bezpečnost při práci a přístupem k často se opotřebovávajícím součástem. Drtič měl být přednostně určený pro drcení plastového odpadu. Výsledný drtič jsem se rozhodl konstruovat tak, aby dokázal kromě primárně plastového odpadu, zároveň drtit i odpadní materiály z papíru, plechu nebo dřeva, které se v domácnostech také běžně vyskytují.

Práce je rozdělena celkem do dvanácti kapitol a následných podkapitol. První kapitola se bude zaměřovat na zhodnocení stávajícího stavu techniky v oblasti drtičů, bude obsahovat popis druhů drtičů vyskytujících se na trhu. Následovat bude kapitola zaměřující se na rešerši možných druhů a typů vstupního opadu. V práci se pokusím dále nastínit tři varianty návrhu řešení drtiče plastu s požadovanými vlastnostmi. Kdy v první variantě půjde o drtič drtící pomocí jedné hřídele, v druhé variantě o drtič drtící pomocí dvou hřídelí v poloze nad sebou a v třetí variantě o drtič drtící pomocí dvou hřídelí v poloze vedle sebe. Následně budu tyto varianty návrhu zkoumat a posuzovat, která z nich bude nejlépe proveditelná a která bude nejlépe splňovat požadované vlastnosti. Po zvolení nevhodnější varianty uvedu podrobný popis konstrukčního zpracování drtiče s detailem řešení násypky, drtící komory, drtícího mechanismu, nosného rámu a pohonu drtiče včetně konstrukčních uzlů určených během zpracování. Tato kapitola bude obsahovat i technickou zprávu s popisem funkce navrhovaného zařízení v návaznosti na výkresovou dokumentaci a výpočtovou část technické zprávy. Součástí této kapitoly bude i obrazová dokumentace zařízení, vycházející z programu CATIA V5, ve kterém jsem návrh konstrukce drtiče odpadu vypracoval. Následně představím jednotlivé výpočty, které vedly k samotnému návrhu konstrukce drtiče. Práci uzavře shrnutí navrhované konstrukce drtiče odpadu, ve kterém bude zhodnocen výsledek, ke kterému tato bakalářská práce vedla. Následovat bude seznam podkladů, ze kterých jsem při tvorbě bakalářské práce čerpal, seznamy obrázků, tabulek a přílohy se kterými jsem při konstrukci drtiče pracoval.

Součástí bakalářské práce je výkresová dokumentace o rozsahu 2xA0.

3. REŠERŠE DRUHŮ DRTIČŮ

V této části bakalářské práce jsou uvedeny jednotlivé druhy drtičů, které se nejčastěji používají nejen v běžném výrobním provozu ale i v domácnostech. Jde například o drtiče určené k drcení dřeva, plastů nebo papíru. U jednotlivých druhů drtičů je pak popsána jejich funkce a také jejich využití. Typy drtičů můžeme rozlišovat podle více kritérií, například podle způsobu drcení nebo podle nástroje zvoleného pro drcení vstupního odpadu. Podle způsobu drcení můžeme drtiče dělit na drtiče, které drtí pomocí hydraulických lisů, drtiče které drtí pomocí pneumatického mechanismu a drtiče fungující na základě dalších způsobů pohonu. Podle nástroje zvoleného pro drcení vstupního materiálu můžeme drtiče rozlišovat například podle počtu hřídelí, které vstupní odpad následně pomáhají zpracovávat. Tato kapitola se zaměřuje na druhy drtičů rozlišované podle počtu hřídelí. A to proto, že v mnou navrhované konstrukci drtiče bude jako nástroj drcení vstupního materiálu použita právě hřídel. Jednotlivé typy hřídelových drtičů jsou jednotlivě popsány v následujících podkapitolách.

3.1 Jednohřídelové drtiče

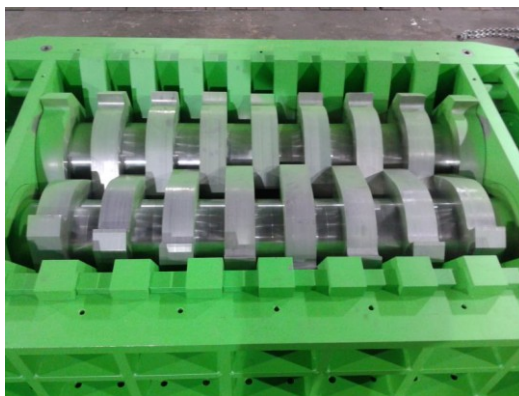
Funkce jednohřídelových drtičů je založena na mechanismu stříhání, ke kterému dochází mezi břity upevněnými na rotoru a pevným statorovým ostřím, které má tvar hřebene. Důležitou součástí konstrukce jednohřídelového drtiče je pak síto, které je umístěno pod drtičem. V závislosti na velikosti otvorů v tomto sítu se pak odvíjí finální velikost frakce. Tento druh drtiče je nejčastěji využíván pro drcení velké škály odpadů. Nejčastěji je využíváno síto o velikosti otvorů do padesáti milimetrů.



Obr. 1 Rotor jednohřídelového drtiče

3.2 Dvouhřídelové drtiče

Princip drtiče o dvou hřídelích je založený na rotaci dvou hřídelí, které se točí proti sobě, kdy obě dvě hřídele jsou osazeny drtícími noži. Díky těmto nožům a rotačnímu pohybu dochází k destrukci materiálu a následnému výstupu odpadu. Poloha nožů pak určuje velikost výsledné frakce. Nejčastěji jde o proužky nebo menší kusy odpadu. Tento typ drtiče se zejména používá pro drcení plastů, kartonů, dřeva a podobně. Dvouhřídelový drtič je pro svou funkci obvykle používán při první etapě vícefázového drcení, například před konečným drcením odpadu například najemno.



Obr. 2 Pracovní prostor dvouhřídelového drtiče

3.3 Vícehřídelové drtiče

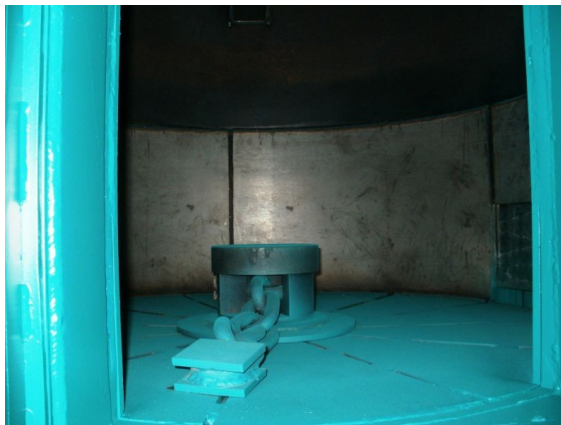
Vícehřídelové drtiče pracují na stejném principu jako dvouhřídelové drtiče. Díky více hřídelím, dokážou tyto drtiče pojmout větší objem vstupního materiálu.



Obr. 3 Pracovní prostor čtyřhřídelového drtiče

3.4 Bubnové drtiče

Základem funkčnosti tohoto drtiče je řetěz, který rotuje kolem své osy. Tento řetěz je umístěn v bubnu, kde dochází k nárazům řetězu na drcený odpad. Bubnové drtiče se často využívají pro drcení elektronického šrotu.



Obr. 4 Pracovní prostor bubnového drtiče [2]

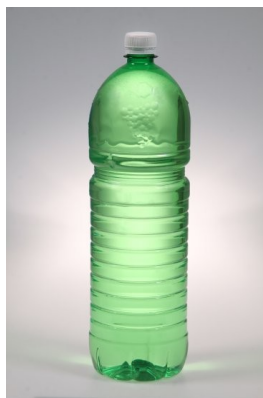
V případě potřeby může každý z výše uvedených drtičů navíc obsahovat ještě tlačný mechanismus pro efektivnější drcení. Díky tlaku, který je vyvíjen na vstupní materiál, nedochází k vyskakování částí materiálu během procesu drcení.

4. REŠERŠE VSTUPNÍCH DRUHŮ ODPADU

V této kapitole jsou uvedeny typy jednotlivého odpadu, který bude ve výsledném konstruovaném drtiči drcen. Pro zvolení nejvhodnějšího konstrukčního řešení drtiče proto primárně poslouží vstupní parametry typů plastových nádob, konkrétně plastových nádob o objemu do deseti litrů. V této kapitole tak budou popsány jednotlivé druhy plastových nádob používaných běžně na Českém trhu. Jak je uvedeno již v úvodu práce, stroj bude navržen tak, aby kromě plastových výrobků dokázal zpracovat i vstupní odpad z hliníku, například plechovky o objemu do pěti litrů a také podobně velikostně odpovídající výrobky ze dřeva. V této kapitole tak budou nastíněny i některé možné typy vstupního druhu odpadu z hliníku nebo dřeva.

4.1 PET lahve do 2 litrů

Jeden z nejčastějších typů PET lahve užívaný například v potravinářství nebo v průmyslu pro uchovávání tekutin. Tyto lahve se vyrábí v rozmezí od cca 0,3 ml do 2 litrů. Podle typu obsahu, pro který jsou jednotlivé PET lahve určeny, pak odpovídají i rozměry. Ty mohou být různorodé. Například u dvou litrové lahve na víno (*Obr. 5*) využívané v potravinářství, se rozměry pohybují v následujících parametrech: průměr 99 mm, výška 332 mm. [3]



Obr. 5 Lahev na víno, 2 litry [3]

4.2 PET lahve od 2 do 5 litrů

Tyto typy PET lahví slouží k uchovávání větší množství tekutiny. Opět může jít o lahve využívané v potravinářském průmyslu, například o lahve na uchovávání sirupů a podobně. Větší PET lahve bývají označovány jako kanystry a taktéž mohou sloužit k uchovávání tekutin v potravinářství nebo také v automobilovém průmyslu. I u tohoto typu PET lahví platí, že typ obsahu, pro který jsou jednotlivé PET lahve vyrobeny, určuje i rozměry lahve. Tyto kanystry větších rozměrů mají často i rukojeť- ouško pro snadnější manipulaci. Jako příklad může posloužit kanystr na pět litrů určený

pro všeobecné využití (*Obr. 6*), kromě hořlavých látek, o rozměrech: vnitřní průměr hrdla 40,5 mm, šířka 152 mm, výška 338,5 mm, hloubka 152 mm. [4]



Obr. 6 Plastový kanystr, 5 litrů [4]

4.3 PET lahve od 5 do 10 litrů

PET lahve od 5 do 10 litrů slouží k uchovávání velkého množství tekutiny a stejně jako u výše uvedených typů PET lahví se může jednat o tekutiny z potravinářství i průmyslu. Například deseti litrový kanystr určený k uchovávání oleje (*Obr. 7*) může mít rozměry: šířka 191,5 mm, výška 387,6 mm, hloubka 191,5 mm. [5]



Obr. 7 Plastový kanystr, 10 litrů [5]

4.4 Plechové výrobky o obsahu od 0,1 do 5 litrů

Plechové výrobky, stejně jako plastové výrobky, mohou sloužit k uchovávání tekutin v potravinářství, obsahovat mohou ale i přímo některé potraviny. Kromě toho jsou plechové výrobky o tomto obsahu využívány hojně i v průmyslu. Například jako ambaláž pro ředidla, barvy, rozpouštědla, oleje, vazelíny a podobně.

Rozměry například nápojových plechovek o objemu 500 ml (*Obr. 8*), běžně používaných nejen v České republice, mohou být následující: průměr 210 mm, výška 170 mm.



Obr. 8 Nápojová plechovka, 0,5 litrů [6]

4.5 Opad ze dřeva o odpovídající velikosti

Může jít o menší dřevěný odpad vznikající při běžném chodu domácnosti. Mohou to být například dřevěné odřezky určitého typu dřeviny například jedle, smrku nebo borovice, případně dubu a buku.

5. VARIANTY ŘEŠENÍ

V této kapitole bakalářské práce jsou v následujících podkapitolách rozebrány nejprve vstupní parametry konstruovaného drtiče, následují požadavky na konstruovaný drtič a uvedeny a popsány jsou pak i jednotlivé varianty řešení drtiče odpadu.

5.1 Vstupní parametry konstruovaného drtiče odpadu

Před samotným konstruováním drtiče, je potřeba určit vstupní parametry drtiče. Při přípravě na konstruování drtiče jsem vycházel z výchozích parametrů pro drtič odpadu (*Tabulka 1*), určených v Zadání bakalářské práce (*str. 2*).

Velikost výstupní frakce	10 až 30 mm
Rozměr drtící komory (šířka x délka)	cca 250x350 mm
Zpracovávaný materiál	plastové nádoby do objemu 10 l
Pohon	asynchronní elektromotor
Výkon	cca 100 kg.h-1

Tabulka 1 Výchozí parametry konstruovaného drtiče odpadu (*str. 2*)

5.2 Požadavky na konstruovaný drtič odpadu

Při tvorbě návrhu konstruovaného drtiče bylo potřeba zvolit vhodnou variantu tvaru a také vhodný způsob drcení vstupního materiálu. Bylo tedy potřeba zamyslet se nad tím, jak bude vypadat vstupní hrdlo pro odpadní materiál tak, aby bylo velikostně dostačující pro velikost zpracovávaného materiálu. Dále bylo potřeba rozhodnout, jakým mechanismem bude docházet k drcení odpadu a následně bylo potřeba promyslet i to, jak bude docházet k vyprázdnění komory pro výstupní frakci po dokončeném procesu drcení.

Během definování požadavků konstruovaného drtiče plastů jsem dále pracoval s požadavky uvedenými v Zásadách pro vypracování bakalářské práce popsaných v Zadání bakalářské práce (*str. 2*). Podle těchto požadavků musí být stroj navržen tak, aby byl mobilní s ohledem na bezpečnost při práci. Dále musí být vybaven snadnou manipulací a přístupem k často se opotřebovávajícím součástem.

Návrhu drtícího zařízení předcházelo zodpovězení následujících otázek:

- Jaký materiál bude použitý na výrobu stroje?
- Jaké budou rozměry drtícího stroje?
- Jakým druhem mechanismu bude docházet k drcení vstupního odpadu?
- Jak bude zajištěna co nejjednodušší montáž a obsluha stroje?

Pro upřesnění kritérií pro vznik konstrukce drtiče plastů jsem zvolil Požadavkový list (Tabulka 2), ve kterém jsou přehledně uvedeny všechny požadavky a kritéria.

Specifikace požadavku Funkce, účinky a funkční parametry	Podmínka	Přání
Přístupnost: Dobrá přístupnost k částem, které potřebují údržbu. Jednoduchá demontáž drtící komory.	X	X
Materiál: ocel hliník	X	X
Zpracování odpadu: plast papír, dřevo, plech	X	X
Pěchovací zařízení		X
Životnost stroje: 2 roky 5 let	X	X
Ergonomie stroje	X	
Schopnost jednoduchého přemístování stroje		X
Design		X
Váha stroje: do 150 Kg do 100 Kg	X	X
Sběrný odpadní vozík		X

Tabulka 2 Požadavkový list

5.3 Orgánová struktura

Při konstrukci zařízení je dále potřeba specifikovat orgánovou strukturu stroje. Tato struktura vzniká spojováním a kombinováním účinkových řetězců, které se skládají z fyzikálního efektu činných ploch, jejich chování a druhů materiálů. Jako první se v orgánové struktuře hledá, jaké přírodní zákonitosti mohou vést k definovaným cílům, tedy účinkům. Při tvorbě orgánové struktury se tvoří tzv. morfologická matice (*Tabulka 3*). Jde o tabulku, která obsahuje funkce technického systému a dále varianty jejich zajištění produkované funkčními jednotkami orgánů. [7]

Funkce	Charakteristika drtícího stroje		
	1	2	3
Zdroj	elektrická síť	baterie	X
Materiál	ocel	hliník	X
Drtící komora	svařovaná	šroubovaná	X
Rám	samostatný	zabudovaný	X
Počet hřídelí	jedna	dvě	tři
Drtící nože	vyměnitelné	nevyměnitelné	X
Pěchovadlo	ano	Ne	X
Vozík na odpad	ano	Ne	X

Tabulka 3 Morfologická matice

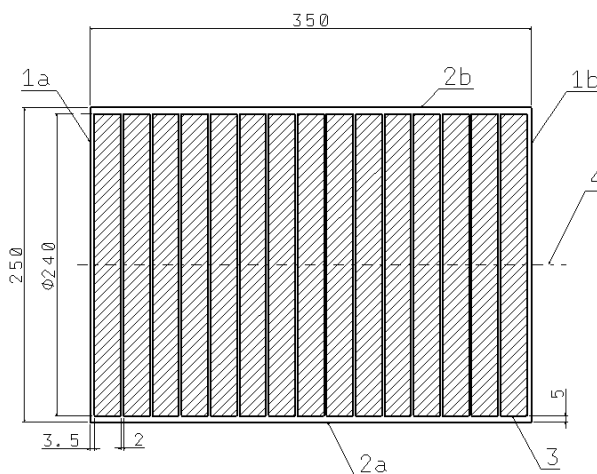
Obsahem výše uvedené Morfologické matice je naznačení tří návrhů variant řešení konstrukce drtiče plastů. Tři varianty návrhů jsem zvolil proto, abych mohl mezi sebou porovnat více jednotlivých možností funkce a charakteristiky konstruovaného zařízení a následně vybrat jednu nejlepší variantu. Ve výše uvedené Morfologické matici (*Tabulka 3*) jsem jednotlivé návrhy variant barevně odlišil. Varianta 1 je označena žlutou barvou. Varianta 2 je označena červenou barvou a varianta 3 zelenou barvou. Jejich obsah a popis funkce jsou podrobně rozebrány v následující podkapitole.

5.4 Varianty řešení drtiče plastů

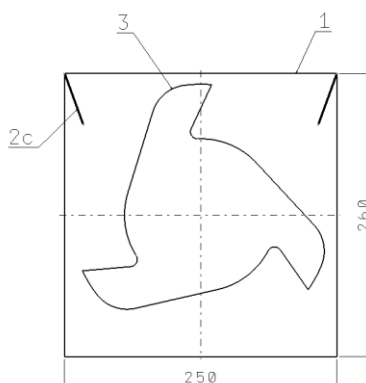
Jak jsem naznačil již v Morfologické matici (*Tabulka 3*) celkově jsem zpracoval tři varianty řešení konstrukce výsledného drtiče odpadu. Odlišují se především v počtu a poloze použitých hřídelí. Postupně jsem v konstrukci pracoval s jednou hřídelí, dvěma hřídelemi v poloze nad sebou a se dvěma hřídelemi v poloze vedle sebe. Jednotlivé varianty podrobně popisují v následujících podkapitolách.

5.4.1 Varianta 1 – Návrh konstrukce drtiče s jednou hřídelí

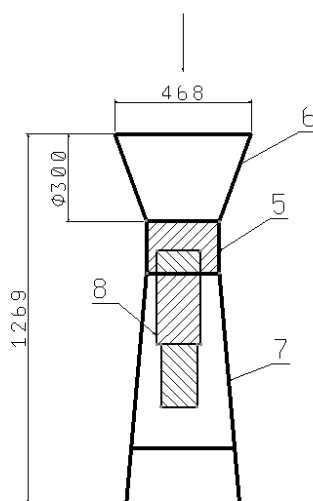
V této variantě jsem se primárně zaměřil na co nejjednodušší konstrukci celého drtiče, včetně drtící komory a nosného rámu. Drtič odpadu, který jsem tedy takto navrhnul je poháněný elektrickým pohonem. Jeho konstrukce je tvořena z hliníku a oceli. Rozvržení stroje je popsáno na následujících schématech: *Obr. 9 Půdorys drtící komory navrhovaného drtiče, Varianta 1*; *Obr. 10 Boční pohled na drtící komoru navrhovaného drtiče, Varianta 1* a na *Obr. 11 Celkový boční pohled na navrhovaný drtič, Varianta 1*. Tato schémata obsahují následující rozvržení: **levá hlavní bočnice drtící komory (1a), pravá hlavní bočnice drtící komory (1b), spodní podélná bočnice drtící komory (2a), horní podélná bočnice drtící komory (2b), stříhací nože (3), hřídel (4), drtící komora (5), násypka (6), nosný rám (7), převodovka s motorem (8).**



Obr. 9 Půdorys drtící komory navrhovaného drtiče, Varianta 1



Obr. 10 Boční pohled na drtící komoru navrhovaného drtiče, Varianta 1



Obr. 11 Celkový boční pohled na navrhovaný drtič, Varianta 1

Dvě hlavní bočnice (1a), (1b) a dvě podélné bočnice (2a), (2b) tvoří základ drtící komory (5). Drtící komora (5) je svařovaná, ale částečně i montovaná a to proto, aby jednotlivé části bylo možné v případě potřeby, například údržby, snadno demontovat. Podélné bočnice (2a), (2b) jsou svařeny s levou hlavní bočnicí (1a). Drtící komora (5) obsahuje jednu hřídel (4), které je osazena drtícími noži (3). Drtící nože (3) mohou být vyměnitelné, nebo nevyměnitelné. Vyměnitelné drtící nože mají vyměnitelné drtící břity, které jsou připevněny na obvodu nože. Nevyměnitelné drtící nože jsou konstruované tak, že jejich řezná část je už součástí nože. Hřídel (4) s drtícími noži (3) je pak vložena nebo zasunuta do levé hlavní bočnice (1a). V otvoru pro takto upevněnou hřídel, jsou umístěna kuličková ložiska. Pravá hlavní bočnice (1b) je připevněna do podélných bočnic (2a), (2b) se stacionárními noži (2c) pomocí šroubů. Takto sestavená komora je posazena na svařeném nosném rámu (7), který je svařen pomocí čtvercových profilů o rozměrech 20x20 mm

a tloušťce 2 mm. **Nosný rám (7)** má navíc zabudována kolečka, která slouží ke snadné manipulaci a přemísťování celého zařízení. Funkcí **nosného rámu (7)** je nejen stabilizovat stroj, ale také nést zabudovanou **převodovku s motorem (8)**. **Převodovka s motorem (8)**, která se montuje z vnější strany, je připevněna pomocí šroubů na levé hlavní bočnici a na **nosném rámu (7)**. Na takto sestavenou **drtící komu (5)** s **nosným rámem (7)** se pomocí šroubů připevní **násypka (6)**, která slouží k vedení vstupního odpadního materiálu do **drtící komory (5)**.

Princip fungování procesu v takto navrhovaném drtiči je následující: Hřídel je osazená stříhacími noži, které se otáčejí kolem své osy, a které vstupní odpad stříhají na menší požadovanou velikost výstupní frakce. K tomu stříhacím nožům dopomáhají stacionární nože, umístěné na podélných bočnicích. Tyto stacionární nože vstupní odpad zachytí a zabrání jeho propadnutí. Současně tak zajistí oporu pro rotující stříhací nože, které díky nárazům do takto zachyceného vstupního materiálu, tento materiál stříhají a tedy drtí na menší požadovanou frakci.

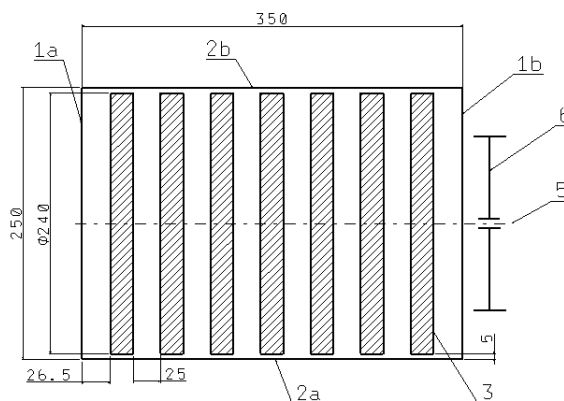
Výhody takto konstruovaného drtiče odpadu jsou především v jeho jednoduché konstrukci a v jednoduchém přenosu kroutivého momentu z převodovky pouze na jednu hřídel. Díky tomu, že je drtící komora osazena pouze jednou hřídelí, je váha celkového zařízení menší. Na nízké váze se také podílí konstrukce násypky, která je co nejvíce zjednodušena a v podstatě ji tvoří pouze plechový trychtýř. Tím, ale nicméně, vzniklo riziko při manipulaci se strojem, protože drtící komora je bez bezpečnostního krytu a je tedy volně přístupná ze všech stran. Další nevýhodou je absence přechovacího zařízení, které by mohlo vstupní odpad efektivněji vést do stroje. Pokud by například došlo k odskakování drceného odpadního materiálu, mohlo by přechovadlo odpadní materiál přitlačit k drtícím nožům. Neefektivně se jeví i svařovaná drtící komora z hlediska výroby. Její výroba by totiž musela být velmi přesná a to je při svařování sice proveditelné, ale za přísných podmínek, kdy by muselo být použito mnoho přesných přípravků (například rámu).

Tuto variantu navrhované konstrukce drtiče plastu jsem nakonec pro finální návrh konstrukce drtiče odpadu nezvolil a to kvůli převaze nevýhod a nedostatků v konstrukci. Těchto nedostatků jsem se při tvorbě dalších návrhů snažil vyvarovat.

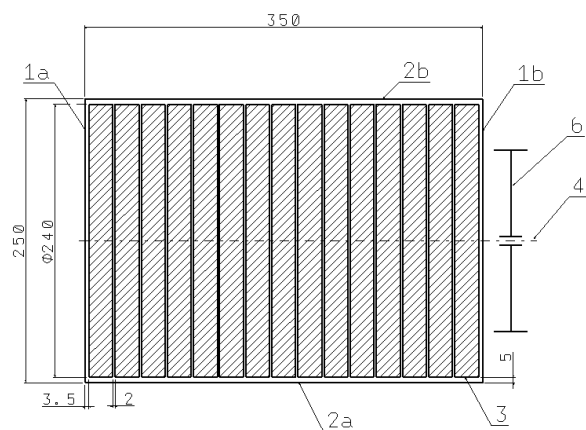
5.4.2 Varianta 2 - Návrh konstrukce drtiče se dvěma hřídelemi nad sebou

U této další varianty jsem se zaměřil na zefektivnění sestavení celého konceptu drtiče tak, aby byl nosný rám navrhovaného drtiče samostatný a aby drtící komora mohla být montovaná zvlášť a poté do nosného rámu přišroubována. Oproti předchozí variantě, je v tomto návrhu drtiče odpadu zabudovaná hřídel navíc. Nejsou zde stacionární nože. Zaměřil jsem se i na zefektivnění bezpečnosti a tento návrh obsahuje i krytí drtící komory. Navrhovaný drtič odpadu je opět poháněný elektrickým pohonem a jeho konstrukce je tvořena z hliníku a oceli.

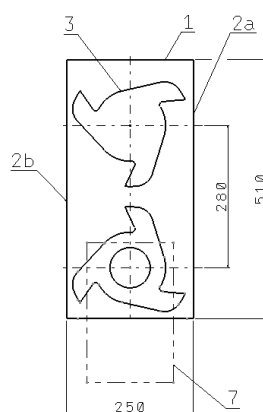
Rozvržení stroje je popsáno na schématech: *Obr. 12 Půdorys horní části drtící komory navrhovaného drtiče, Varianta 2; Obr. 13 Půdorys spodní části drtící komory navrhovaného drtiče, Varianta 2; Obr. 14 Boční pohled na drtící komoru navrhovaného drtiče, Varianta 2 a na Obr. 15 Celkový boční pohled na navrhovaný drtič, Varianta 2.* Tato schémata obsahují následující rozvržení: **levá hlavní bočnice drtící komory (1a), pravá hlavní bočnice drtící komory (1b), spodní podélná bočnice drtící komory (2a), horní podélná bočnice drtící komory (2b) drtící nože (3), hnací hřídel (4), hnaná hřídel (5), ozubená kolo (6), převodovka (7), násypka s dvířky (8), nosný rám (9), drtící komora (10), převodovka s motorem (11).**



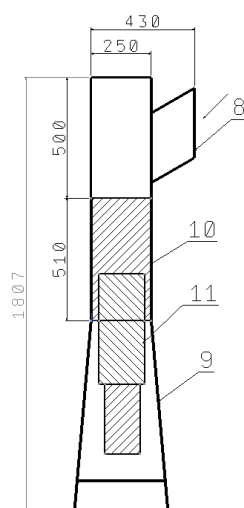
Obr. 12 Půdorys horní části drtící komory navrhovaného drtiče, Varianta 2



Obr. 13 Půdorys spodní části drtící komory navrhovaného drtiče, Varianta 2



Obr. 14 Boční pohled na drtící komoru navrhovaného drtiče, Varianta 2



Obr. 15 Celkový boční pohled na navrhovaný drtič, Varianta 2

Z předchozího návrhu konstrukce drtiče (*Varianta 1 – Návrh konstrukce drtiče s jednou hřídelí*) jsem ponechal koncept základu drtící komory, která je tvořena dvěma **hlavními bočnicemi (1)** a dvěma **podélnými bočnicemi (2)**. Tyto hlavní a podélné bočnice jsou ale na rozdíl od předchozího řešení pouze montovány a ne svařovány a to proto, aby montáž této části stroje byla jednodušší. I za těchto podmínek platí, že v případě potřeby, například údržby, je tato část navrhovaného drtiče snadno demontovatelná. Stejně jako v případě předchozí varianty návrhu konstrukce drtiče je **pravá hlavní bočnice (1b)** připevněna do **podélných bočnic (2)** pomocí šroubů. **Drtící komora (10)** obsahuje dvě hřídele, **hnací hřídel (4)** a **hnanou hřídel (5)**, které jsou osazeny **drtícími noži (3)**. I v tomto případě je možné použít jak drtící nože vyměnitelné, tak i nevyměnitelné. Tyto dvě hřídele mají odlišné funkce. První z nich - **hnací hřídel (4)**, je uložena v **převodovce (7)**, která zajišťuje otáčivý pohyb hřídele kolem své osy. Tato hřídel je opatřena **ozubeným kolem (6)**, které přenáší kroutivý moment na druhou - **hnanou hřídel (5)**, také opatřenou **ozubeným kolem (6)**. **Hnací hřídel (4)** je osazena 15 stříhacími noži. **Hnaná hřídel (5)** má 7 stříhacích nožů. Obě hřídele se **stříhacími noži (3)** jsou pak zasunuty mezi **levou hlavní bočnici (1a)** a **pravou hlavní bočnici (1b)**. V obou otvorech pro ukotvení hřídelí, jsou umístěna kuličková ložiska. **Drtící komoru (10)** jsem koncipoval takzvaně nastojato, kdy jsou obě hřídele umístěny nad sebou – **hnací hřídel (4)** je umístěna ve spodní části drtící komory a **hnaná hřídel (5)** je umístěna v horní části drtící komory. **Drtící komora (10)** je pomocí šroubu připevněna k samostatnému **nosnému rámu (9)**. Tento rám je zkonstruován pomocí čtvercových profilů o rozměru 20x20 mm a tloušťce 2mm. Tyto profily jsou svařené k sobě a tak tvoří jeden celek. **Nosný rám (9)** má opět navíc zabudována kolečka, která slouží ke snadné manipulaci a přemísťování celého zařízení. I v tomto případě platí, že funkcí **nosného rámu (9)** je nejen stabilizovat stroj ale také nést zabudovanou **převodovku s motorem (11)**, která se opět montuje z vnější strany a je připevněna pomocí šroubů na **levé hlavní bočnici (1a)**. **Nosný rám (9)** je opatřen krycími plechy, aby drtící komora nebyla volně přístupná. Dále jsou na **nosném rámu (9)** pomocí pantů připevněna **přední dvířka (8)** zajišťující přístup k **drtící komoře (10)**, například pro případ údržby. Součástí předních dvířek je vstupní otvor, na kterém je připevněna **násypka (8)**. **Násypka (8)** slouží k vedení vstupního odpadního materiálu do drtící komory a je namontována pod úhlem 30° z důvodu zajištění samovolného sesouvání vstupního materiálu.

Princip fungování procesu v takto navrhovaném drtiči je následující: Horní hřídel v drtící komoře předdrtí vstupní odpadní materiál na menší frakci. Takto nadrcený odpadní materiál poté propadne do spodní části drtící komory, kde je umístěna druhá hřídel. Pomocí této hřídele, která je osazena četněji drtícími noži, je předdrcený odpadní materiál dodrcen na požadované výstupní rozměry frakce.

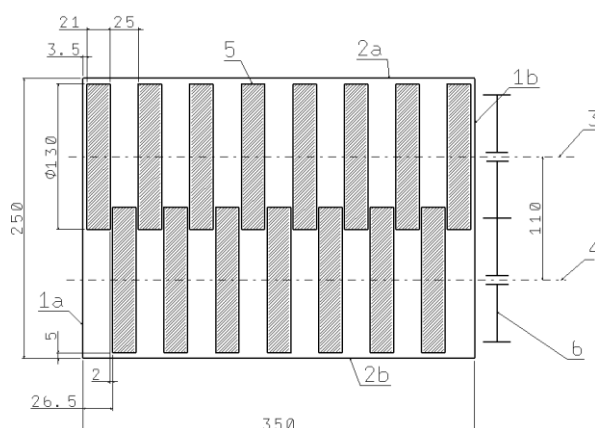
Hlavní výhodou takto sestaveného drtiče oproti prvnímu návrhu jsou dva samostatné od sebe oddělitelné segmenty, a sice drtící komora a samostatný nosný rám. Drtící komora může být jednoduše demontována, stačí odmontovat motor a poté může být vyjmuta celá drtící komora. Výhodou jsou také přední otevírací dvířka, která umožňují snadný přístup k drtící komoře a je tak snadné provést čištění případně další jednoduchou údržbu stroje. K zefektivnění navrhované konstrukce došlo i ve vnější části stroje, kdy je celá drtící komora díky krycím plechům na nosném rámu zakryta. Tím došlo ke snížení rizika úrazu například při vhazování vstupního odpadního materiálu. Jako nevýhoda se může jevit výška drtící komory, která zbytečně zabírá příliš mnoho prostoru. Naddimenzované jsou i rozměry i samotný počet stříhajících nožů. Mechanismus pro přenos kroutivého momentu by také mohl být zjednodušen. Současně se ani v této variantě nepočítá s pěchovacím zařízením, které by mohlo vstupní odpad efektivněji vést do stroje, pokud by například došlo k odskakování drceného odpadního materiálu.

Na základě stále nevyřešených některých uzlů jsem tuto variantu navrhovaného drtiče odpadu zamítl a rozhodl jsem se pro návrh další konstrukce, ve které budou nedostatky lépe řešeny.

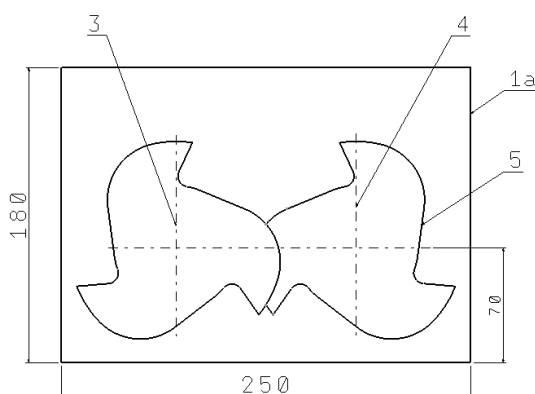
5.4.3 Varianta 3 - Návrh konstrukce drtiče se dvěma hřídelemi vedle sebe

Při tvorbě dalšího návrhu konstrukce drtiče jsem vycházel především z návrhu konstrukce drtiče se dvěma hřídelemi. Hlavní změna nastala v drtící komoře, která se snížila. Počet hřídelí zůstal stejný, ale změnilo se jejich uspořádání. Jsou ve stejné úrovni a jsou osazeny stříhacími noži naproti sobě tak, aby docházelo ke stříhání mezi zuby jednotlivých stříhacích nožů na protější hřídeli. Zajištění přenosu kroutivého momentu zůstalo stejné jako u předchozí varianty, a sice za pomoci ozubených kol. Významnou změnou je přidání pěchovadla, které zabraňuje vyskakování vstupního odpadního materiálu. Tento návrh konstrukce drtiče obsahuje krytí drtící komory. Stroj je poháněn elektromotorem a jeho konstrukce je tvořena z hliníku a oceli.

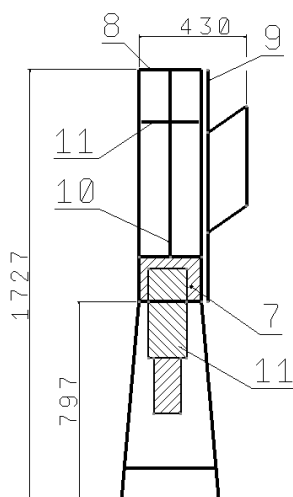
Rozvržení stroje je popsáno na následujících schématech: *Obr. 16 Půdorys drtící komory navrhovaného drtiče, Varianta 3*; *Obr. 17 Boční pohled na drtící komoru navrhovaného drtiče, Varianta 3* a na *Obr. 18 Celkový boční pohled na navrhovaný drtič, Varianta 3*. Tato schémata obsahují následující rozvržení: **levá bočnice drtící komory (1a), pravá bočnice drtící komory (1b), první podélná bočnice drtící komory (2a), druhá podélná bočnice drtící komory (2b), hnací hřídel (3), hnaná hřídel (4), stříhací nože (5), ozubená kola (6), drtící komora (7), nosný rám (8), přední dvířka se vstupní násypkou (9), vodící tyč (10), přechovadlo (11) motor s převodovkou (12).**



Obr. 16 Půdorys drtící komory navrhovaného drtiče, Varianta 3



Obr. 17 Boční pohled na drtící komoru navrhovaného drtiče, Varianta 3



Obr. 18 Celkový boční pohled na navrhovaný drtič, Varianta 3

Z druhého návrhu konstrukce drtiče (*Varianta 2 - Návrh konstrukce drtiče se dvěma hřídelemi nad sebou*) jsem ponechal koncept základu drtící komory, která je tvořena **levou bočnicí (1a)** a **pravou bočnicí (1b)** a současně **první podélnou bočnicí (2a)** a **druhou podélnou bočnicí (2b)**. Tyto bočnice jsou k sobě smontovány pomocí šroubů. **Drtící komora (7)** obsahuje dvě hřídele – **hnací hřídel (3)** a **hnanou hřídel (4)**, které jsou obě osazeny **stříhacími noži (5)**. I v tomto konceptu je možné případně použít jak **stříhací nože (5)** vyměnitelné, tak i nevyměnitelné. **Hnací hřídel (3)**, je uložena v motoru s **převodovkou (12)**. Motor zajišťuje otáčivý pohyb této hřídele kolem své osy. **Hnací hřídel (3)** je opatřena **ozubeným kolem (6)**, které přenáší kroutivý moment na druhou - **hnanou hřídel (4)**, také opatřenou **ozubeným kolem (6)**. **Hnací hřídel (3)** je osazena 8 stříhacími noži. **Hnaná hřídel (4)** má 7 stříhacích nožů. Obě **hřídele (3 a 4)** se **stříhacími noži (5)** jsou pak zasunuty mezi **levou hlavní bočnicí (1a)** a **pravou hlavní bočnicí (1b)**. V obou otvorech pro ukotvení hřídelí, jsou umístěna kuličková ložiska. **Drtící komoru (7)** jsem koncipoval ve vodorovné pozici, tedy tak, aby jak **hnací (3)** tak **hnaná (4)** hřídel byly přímo naproti sobě. **Drtící komora (7)** je pomocí šroubu připevněna k samostatnému **nosnému rámu (8)**. Tento rám je zkonstruován pomocí jeklu o rozměru 20x20 mm a tloušťce 2 mm. Tyto jekly jsou svařené k sobě a tvoří jeden celek. **Nosný rám (8)** má zabudována kolečka, která slouží ke snadné manipulaci a přemísťování celého zařízení. I v tomto návrhu zůstala zakotvena dvojí funkce **nosného rámu (8)**, který slouží nejen ke stabilizaci stroje, ale také nese zabudovanou **převodovku s motorem (12)**. **Převodovka s motorem (12)** se opět montuje z vnější strany a je připevněna pomocí

šroubů na **levé hlavní bočnici (1a)**. **Nosný rám (8)** je i v tomto případě opatřen krycími plechy, aby drtící komora nebyla volně přístupná. Na **nosném rámu (8)** jsou pomocí pantů připevněna **přední dvířka se vstupní násypkou (9)** zajišťující přístup k **drtící komoře (7)**, například pro případ údržby. **Vstupní násypka (9)** je namontována pod úhlem 30° z důvodu zajištění samovolného sesouvání vstupního materiálu. Součástí stroje je i **pěchovadlo (11)**, které je vedené **vodícími tyčemi (10)**.

Princip fungování procesu v takto navrhovaném drtiči je následující: Vstupní odpadní materiál je veden násypkou, kde samovolným pohybem dopadne do drtící komory. Tam se zachytí v soukolí stříhacích nožů, které se točí proti sobě. Díky tomu je vstupní materiál rozdrcen na požadovanou velikost. Výstupní frakce pak propadne drtící komorou.

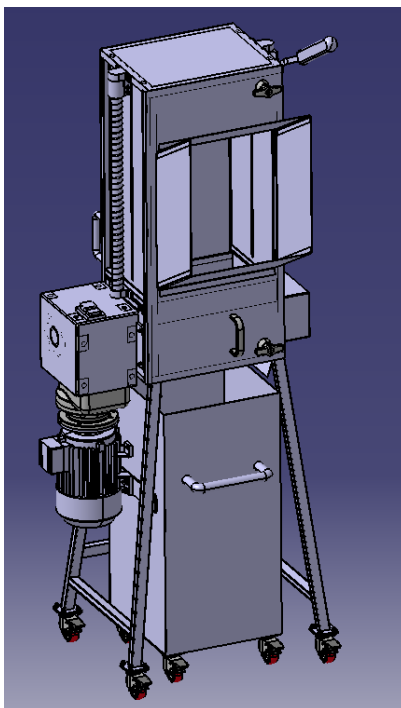
Hlavní výhodou takto sestaveného drtiče oproti prvním dvěma návrhům je to, že je použito méně stříhacích nožů, tím je snížena hmotnost i zátěž výkonu motoru a zároveň je zajištěné dostatečné rozdrcení vstupního odpadu. Drtící komora je nízká. I díky tomu klesá celková hmotnost stroje. Díky pěchovacímu zařízení, které je součástí navrhovaného drtiče, je vstupní odpad efektivněji vsouván do stroje a tím je zabráněno jeho případnému odskakování. V tomto návrhu drtiče odpadu jsem ponechal pozitivní aspekty, ke kterým jsem došel při tvorbě předchozích návrhů: drtící komora a nosný rám jsou od sebe odděleny, díky tomu může být drtící komora jednoduše demontována (stačí odmontovat motor a poté může být vyjmuta celá drtící komora); přední otevírací dvířka umožňující snadný přístup k drtící komoře (například za účelem údržby), drtící komoru kryjí plechy na nosném rámu, čímž je sníženo riziko úrazu například při vhazování vstupního odpadního materiálu.

Díky uvedeným vlastnostem takto navrhovaného stroje jsem tuto variantu návrhu vyhodnotil jako nejefektivnější. Kompletní vlastní návrh drtiče odpadu je podrobně rozepsán v následující kapitole.

6. VLASTNÍ NÁVRH KONSTRUKCE DRTIČE ODPADU

V této části bakalářské práce jsou detailně popsány všechny části mého návrhu konstrukce drtiče plastu. Jednotlivé části navrhovaného stroje jsou podrobně popsány spolu s detailem rozkreslení v následujících podkapitolách. Ty se věnují představení a detailnímu popisu stěžejních částí stroje tedy drtící komoře, nosnému rámu, sestavení drtící komory a rámu, popsání přenosu kroutivého momentu, dvířkům s násypkou, přechovadlu a krycím plechům a také odpadnímu vozíku. Podkapitola zaměřující se na drtící komoru a také nosný rám obsahuje navíc i podrobnější popsání a rozpracování jednotlivých orgánů těchto částí stroje. Každá kapitola je rozšířena obrázky, na kterých je zobrazeno konstrukční řešení dané části stroje, podrobný popis obrázku a funkce vyobrazené části stroje.

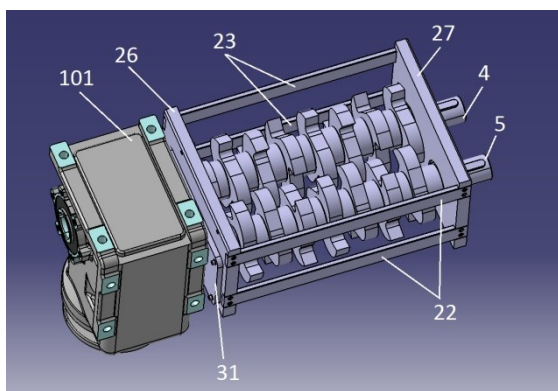
Jednotlivé části návrhu konstrukce drtiče jako drtící komora, nosný rám, dvířka s násypkou, přechovadlo a odpadní vozík tvoří celek, který je vyobrazen na *Obr. 19 Celkový pohled - vlastní návrh konstrukce drtiče*. Následující podkapitoly se detailně věnují představení těchto jednotlivých částí stroje. Jejich obsahem je nejen popis jednotlivých částí ale i obrazová dokumentace, na které jsou číselně označeny jednotlivé pozice – totožné s výkresovou dokumentací.



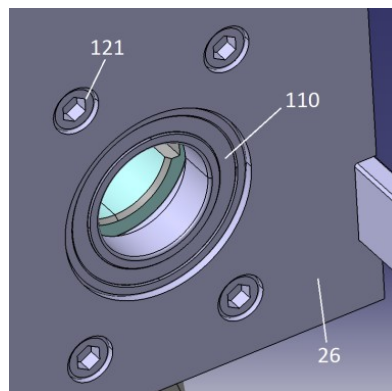
Obr. 19 Celkový pohled - vlastní návrh konstrukce drtiče odpadu

6.1 Drtící komora

Drtící komora je jednou ze stěžejních částí stroje. Hlavní části tvořící drtící komoru jsou zakresleny ve schématu *Obr. 20 Základ drtící komory* (VD_2018_02). Drtící komora se skládá z **levé hlavní bočnice (26)** a **pravé hlavní bočnice (27)** a dále **první podélné bočnice (22)** a **druhé podélné bočnice (23)**. Levá i pravá bočnice je frézovaná, jsou vyrobeny z hliníku a mají připravené otvory vybavené jednořadými kuličkovými ložisky typu 6008RS pro vsunutí dvou hřídelí – **hnací hřídele (4)** a **hnané hřídele (5)**. Levá i pravá bočnice současně mají otvor pro připojení **převodovky (101)** typu TOS-ZNOJMO KTM43. Prostor mezi převodovkou a levou bočnicí je vymezený **distanční podložkou (31)** vyrobenou z hliníku, která současně funguje jako kryt vyčnívající části hřídele z levé bočnice. Podložka spojuje levou hlavní bočnici a převodovku pomocí zapuštěných šroubů. Na schématu *Obr. 21 Detail uchycení převodovky* (VD_2018_02) je detailně zakresleno umístění **kuličkového ložiska (110)** v díře a také pozice **zapuštěných šroubů (121)** namontovaných v **levé hlavní bočnici (26)**. Hlavní bočnice jsou dále zároveň vybaveny montážními dírami se závity pro snadnější manipulaci při montáži drtící komory do nosného rámu. Hlavní bočnice jsou vybaveny vyfrézovanými zámky, do kterých jsou vloženy podélné bočnice. Díky těmto zámkům dochází k dokonalejšímu spojení jednotlivých bočnic. Obě podélné bočnice jsou z hliníkového profilu a jsou tvořeny na každé straně dvěma pásy o tloušťce 8 mm a výšce 30 mm.



Obr. 20 Základ drtící komory

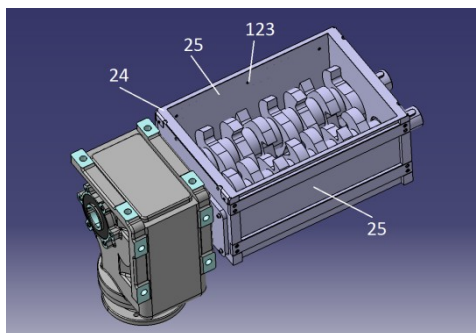


Obr. 21 Detail uchycení převodovky

Postup montáže drtící komory: Na levou hlavní bočnici se pomocí šroubů namontuje převodovka s distanční podložkou. Do díry v levé hlavní bočnici a pravé hlavní bočnici se vloží kuličková ložiska. Do takto připravených děr se vloží hnací

a hnaná hřídel. Následně se k pravé a levé hlavní bočnici přimontují pomocí šroubů podélné bočnice tvořené dvěma pásy.

Na takto smontovanou drtící komoru se následně připevní další části drtící komory. Jejich pozice jsou znázorněny na *Obr. 22 Drtící komora s krycími plechy* (VD_2018_02). Tyto části tvoří **horní krycí plechový rám (24)**, **boční krycí plechy (25)** a **šrouby (123)**. Všechny tyto plechy jsou vyrobeny z hliníku o tloušťce 1 mm.

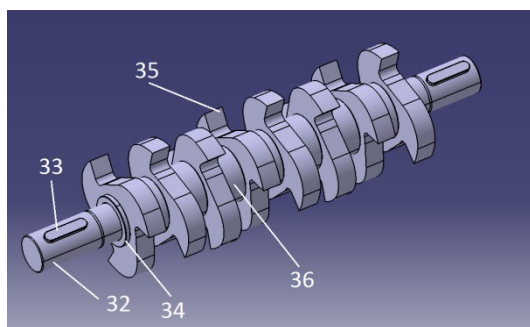


Obr. 22 Drtící komora s krycími plechy

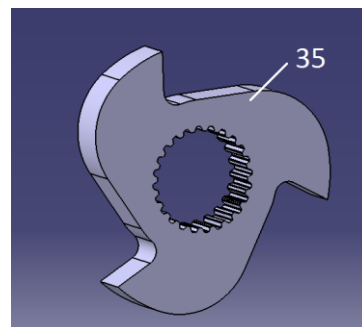
Postup montáže krycích plechů: Horní krycí plech se pomocí šroubů se zápusťnou hlavou namontuje do levé a pravé hlavní bočnice. Následně se k podélným bočnicím pomocí šroubů se zápusťnou hlavou přišroubují dva boční krycí plechy.

6.1.1 Hnací hřídel

Složení hnací hřídele je podrobně zakresleno na *Obr. 23 Sestava hnací hřídele* (VD_2018_04). Sestava hnací hřídele je tvořena **hnací hřídelí (32)**, **dvěma těsnými pery (33)**, **8 stříhacími noži (35)**, **vymezovacími distančními podložkami mezi ložiskem a noži (34)** a **vymezovacími distančními podložkami mezi noži (36)**. Hnací hřídel a stříhací nože jsou vyrobeny s evolventním drážkováním, aby docházelo k přenosu kroutivého momentu z hřídele na stříhací nože. Díky evolventnímu drážkování mohou být nože uspořádány různými způsoby. Uspořádání nožů je takové, kdy jsou ve stříhacím procesu maximálně tři stříhací nože, přiblížený pohled na jeden z nich je zakreslen v *Obr. 24 Detail stříhacího nože* (VD_2018_04).



Obr. 23 Sestava hnací hřídele

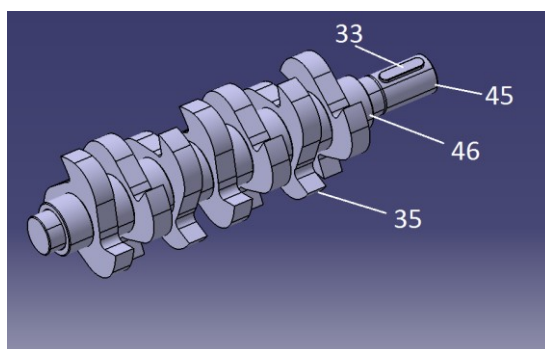


Obr. 24 Detail stříhacího nože

Postup montáže hnací hřídele: Na hnací hřídel se z levé strany nasadí distanční podložka, která vymezuje prostor mezi kuličkovým ložiskem, které je umístěno v levé hlavní bočnici, a stříhacím nožem, ty se na hnací hřídel nasouvají postupně z pravé strany a po jednom se prokládají distanční podložkou. Zprava naposledy vložená distanční podložka vymezuje prostor mezi nožem a kuličkovým ložiskem upevněným v pravé hlavní bočnici. Jako poslední se pak na oba konce hnací hřídele nasadí těsná pera.

6.1.2 Hnaná hřídel

I hnaná hřídel je součástí celku, který je tvořen z více částí. Ty jsou společně zakresleny a podrobně popsány na *Obr. 25 Sestava hnané hřídele (VD_2018_05)*. Tato sestava obsahuje **hnanou hřídel (45)**, **jedno těsné pero (1)**, **vymezovací distanční podložky mezi ložiskem a nožem (46)** a **sedm stříhacích nožů (4)**. Hnaná hřídel je stejně jako hnací hřídel a stříhací nože vyrobena s evolventním drážkováním, aby docházelo k přenosu kroutivého momentu z hřídele na stříhací nože. I v tomto případě platí, že díky evolventnímu drážkování mohou být nože uspořádány různými způsoby. Uspořádání nožů je stejné jako u hnací hřídele, tedy takové, že ve stříhacím procesu jsou maximálně tři stříhací nože.

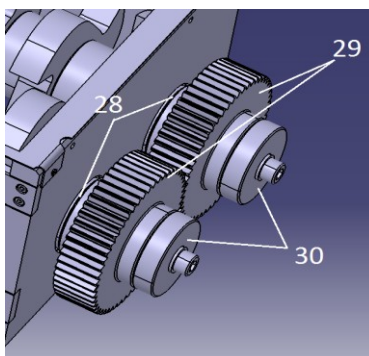


Obr. 25 Sestava hnané hřídele

Postup montáže hnané hřídele: Je téměř totožný s postupem montáže hnací hřídele, rozdíl je pouze v tom, že těsné pero se nasadí jen na jeden konec hnané hřídele.

6.1.3 Přenos kroutivého momentu

Řešení kroutivého momentu je detailně rozkresleno na následujícím obrázku *Obr. 26 Přenos kroutivého momentu z hnací hřídele na hnanou* (VD_2018_02). Na obrázku jsou zakresleny **dvě ozubená kola (29)**, **distanční podložky (28)** a také **víčka (30)**. Obě ozubená kola mají stejný počet zubů, aby nedocházelo k asynchronnímu pohybu. Zajišťují, aby došlo k přenosu kroutivého momentu mezi hřídelemi. Ozubená kola jsou vyrobena z ocele 12010.0. Mezi ozubenými koly a hlavní pravou bočnicí drtící komory jsou umístěny distanční podložky, které slouží k vymezení prostoru mezi kuličkovými ložisky umístěnými v hlavní pravé bočnici. Aby celé sestavy obou hřídelí byly zajištěny a nedocházelo k axiálnímu pohybu na těchto hřídelích, jsou v návrhu zapracována víčka.



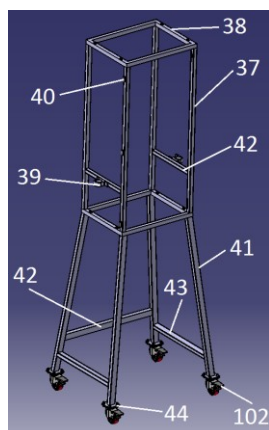
Obr. 26 Přenos kroutivého momentu z hnací hřídele na hnanou

Postup montáže ozubených kol: Na konce uložený sestav hřídelí, které vyčnívají ven z drtící komory skrze pravou hlavní bočnici, se vloží nejdříve distanční kroužky. Po té se nasunou ozubená kola. Na konec se nasunou víčka.

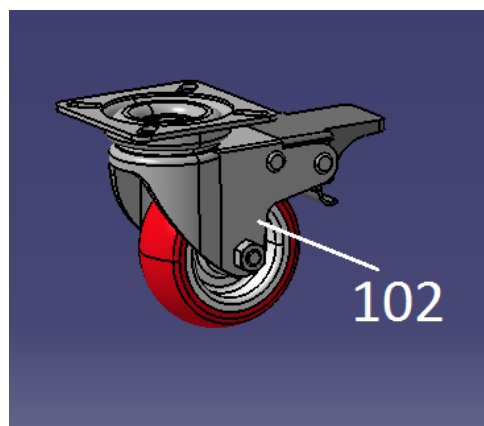
6.2 Nosný rám

Konstrukce nosného rámu s jednotlivými pozicemi dalších částí je zakreslena na *Obr. 27 Konstrukce nosného rámu* (VD_2018_06). Konstrukci tvoří tyto části: **jekl o čtvercovém průřezu v horizontální pozici (37)**, **jekl o čtvercovém průřezu ve vodorovné pozici (38)**, **úchyty pro vodící tyče (39)**, **panty (40)**, **jekl o obdélníkovém průřezu (41)**, **jekl o obdélníkovém průřezu jako výztuha v horní části nosného rámu (42)**, **jekl o obdélníkovém průřezu jako výztuha ve spodní části nosného rámu (43)**, **deska k přichycení pojezdových kol (44)** a **pojezdová kola (102)**. Horní část nosného rámu slouží pro uložení drtící komory. Spodní část

nosného rámu je tvořena čtyřmi nosnými stojnami, které stroj podpírají. Horní část nosného rámu je tvořena pomocí čtvercových jeleků o rozměrech 20x 20 mm a 2 mm tloušťky a spodní část rámu je tvořena z obdélníkových jeleků o rozměrech 20x30 mm a tloušťce 2 mm. Na koncích nosných stojen jsou umístěna pojezdová kola vybavená brzdou. Jejich konstrukce je přibližena na *Obr. 28 Detail pojezdového kola*. Pojezdová kola jsou od výrobce Elesa + Ganter s označením C6-060-SBF, o průměru 60 mm.



Obr. 27 Konstrukce nosného rámu

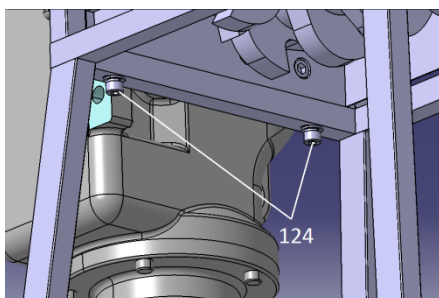


Obr. 28 Detail pojezdového kola

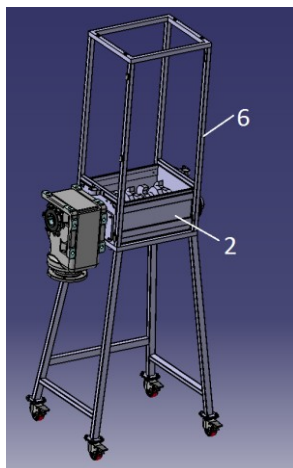
Postup montáže nosného rámu: Nejprve se svaří horní části nosného rámu, tvořené jekly z čtvercových profilů. K takto vzniklé konstrukci jsou postupně přivařovány stojny, tvořené jekly obdélníkového průřezu. Na konce obdélníkových jeleků se poté přivaří deska k přichycení pojezdových kol. Ta jsou přimontována pomocí šroubů.

6.3 Ukotvení drtící komory v nosném rámu

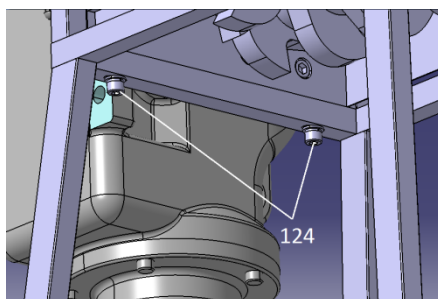
Ukotvení drtící komory v nosném rámu je vyobrazeno na *Obr. 29 Ukotvení drtící komory v nosném rámu (VD_2018_00)*, který obsahuje odkaz na umístění **základny nosného svařovaného rámu (6)** a **drtící komory (2)**. Na obrázku



Obr. 30 Detail způsobu ukotvení drtící komory v nosném rámu (VD_2018_00) jsou vyobrazeny **metrické šrouby (124)**, pomocí kterých je drtící komora přimontována k nosnému rámu.



Obr. 29 Ukotvení drtící komory v nosném rámu



Obr. 30 Detail způsobu ukotvení drtící komory v nosném rámu

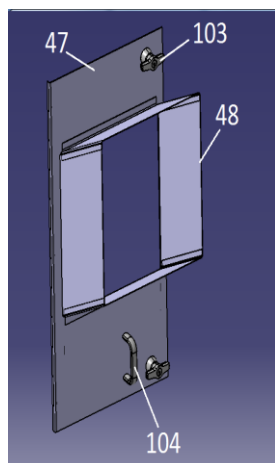
Postup montáže drtící komory do nosného rámu: Drtící komora se zasune do nosného rámu, k základně rámu je pak přimontována pomocí šroubů.

6.4 Dvířka s násypkou

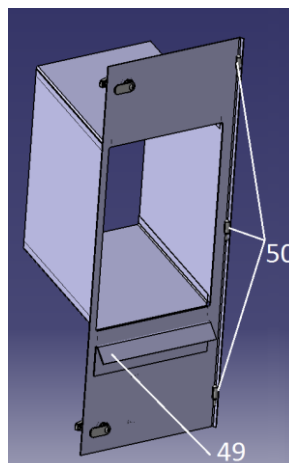
Dvířka jsou sestavena z plechu s otvorem. Na *Obr. 31 Přední strana dvířek*

Obr. 32 Zadní strana dvířek (VD_2018_01) je zakreslen **hlavní plech tvořící dvířka (47)**, v jejich otvoru je umístěna **násypka (48)**. Na přední straně hlavního plechu tvořícího dvířka jsou **zámky (103)**, které zajišťují, aby nedošlo k samovolnému otevření dvířek. Vedle toho je dále na hlavním plechu umístěno také **madlo (104)**, které zajišťuje komfortnější ovládání dvířek. Na *Obr. 31 Přední strana dvířek*

Obr. 32 Zadní strana dvířek (VD_2018_01) je zakreslen **naváděcí plech (49)**, který „navádí“ vhozený vstupní odpadní materiál přímo do drtící komory, a **panty (50)**, které umožňují pohyb dvířek.

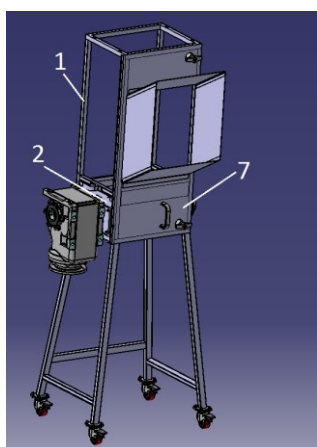


Obr. 31 Přední strana dvířek

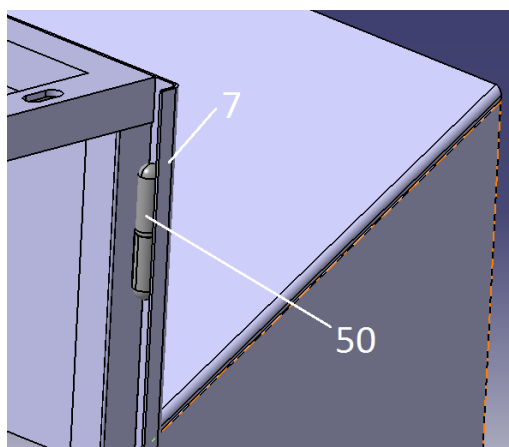


Obr. 32 Zadní strana dvířek

Postup montáže dvířek s násypkou: Na přední stranu dvířek se pomocí bodových svarů připevní násypka, která je umístěna do otvoru hlavního plechu tvořícího dvířka. Na zadní stranu dvířek se pomocí bodových svarů připevní naváděcí plech a pomocí ypsilonových svarů se připevní panty. Pomocí šroubů se pak přimontuje madlo. Posléze se připevní na přední stranu dvířek zámky. Takto sestavená dvířka s násypkou jsou umístěna na panty nosného rámu drtiče, které jsou na nosný rám umístěny podle polohy pantů na dvířkách s násypkou. Obr. 33 Umístění dvířek na nosném rámu drtiče (VD_2018_01) zachycuje sestavená dvířka s násypkou (7), nosný rám drtiče (1) a drtící komoru (2). Následuje Obr. 34 Detail sestaveného pantu zobrazující dvířka na drtící komoře (7) a pant (50), který dvířka s nosným rámem spojuje.



Obr. 33 Umístění dvířek na nosném rámu drtiče

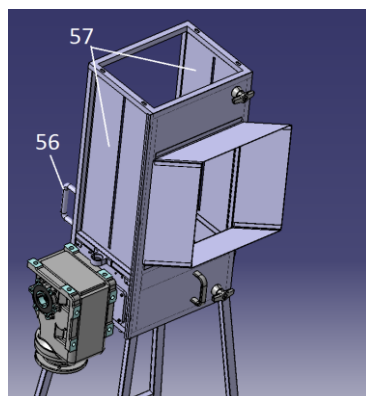


Obr. 34 Detail sestaveného pantu

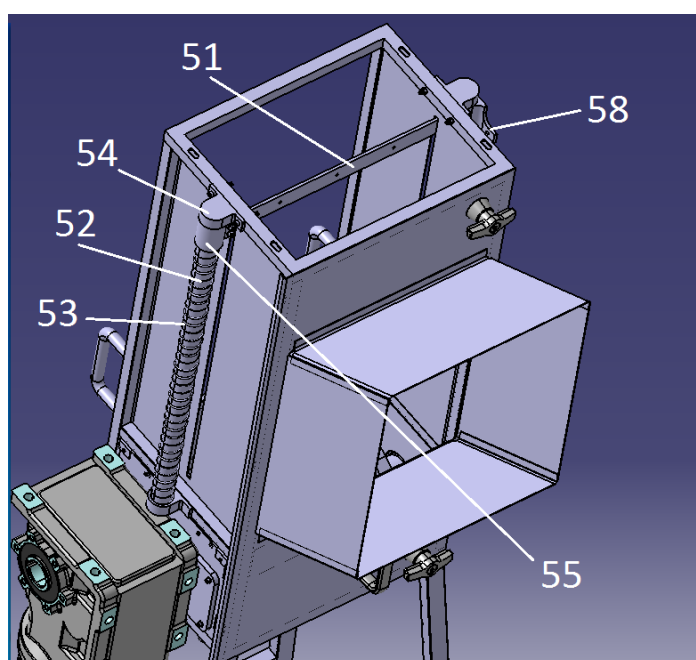
6.5 Pěchovadlo a krycí plechy

Krycí plechy slouží k zakrytí drtící komory a současně slouží jako vodítko pro pěchovadlo. Krycích plechů je několik, dva s vodíci drážkami pro pěchovadlo a čtyři sloužící jako ochrana. Umístění **krycích plechů (57)** s vodíci drážkami

a **madel (56)** na zařízení zobrazuje *Obr. 35 Sestavené zařízení s krycími plechy s vodícími drážkami (VD_2018_01)*. Krycí plechy jsou vyrobeny z hliníku o hloubce 1 mm. Konstrukce přechovadla (*Obr. 36*) (VD_2018_01) je sestavena z následujících částí: čtyři **úchyty pro vodící tyče (54)**, dvě **vodící tyče (52)** s **pružinou (53)**, **levý jezdec (55)**, **pravý jezdec (58)**, **nosník pro přitlačnou desku (51)**.

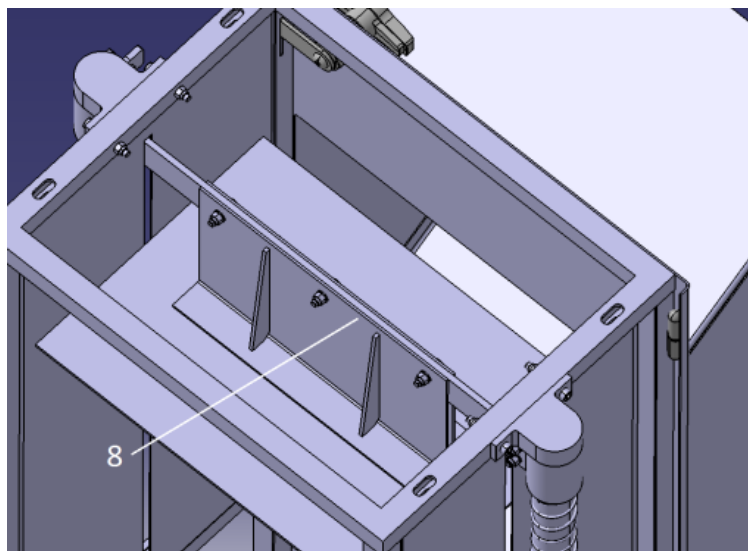


Obr. 35 Sestavené zařízení s krycími plechy s vodícími drážkami



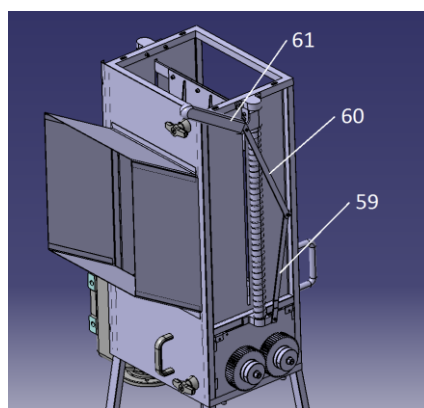
Obr. 36 Sestavení konstrukce přechovadla

Při pohledu na přechovadlo ze shora (*Obr. 37*) (VD_2018_01) je pak viditelná další část přechovací konstrukce a to je **přítlačná deska (8)**, jejíž funkcí je případný odskakující materiál navést k stříhacím nožům v drtící komoře. Po vodících tyčích s pružinou, které drží úchyty pro vodící tyče, jezdí na každé straně jeden jezdec, kteří pak společně drží přítlačnou desku.



Obr. 37 Konstrukce přechovadla z pohledu ze shora s detailem přítlačné desky

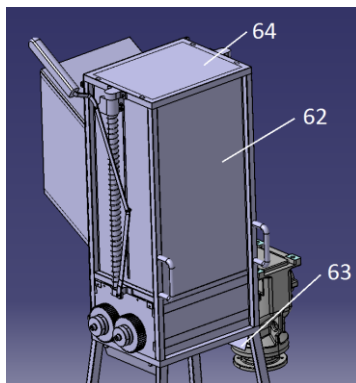
Z boční strany stroje je pak viditelná stlačovací páka (Obr. 38) (VD_2018_01), kterou tvoří **spodní rameno páky (59)**, **horní rameno páky (60)** a gumová **rukojeť (61)**. Jejím stlačením dolů se uvedou do pohybu jezdcí, kteří jsou vedeni po vodící tyči s pružinou a kteří uvedou do pohybu přítlačnou desku.



Obr. 38 Konstrukce přechovadla z bočního pohledu s detailem na stlačovací páku

Postup montáže přechovadla a krycích plechů: Nejprve se přichytí krycí plechy s vodící drážkou pomocí šroubů do nosné konstrukce, pak se připevní pomocí svarů madla. Do připravených spodních úchytů se vloží vodící tyče s pružinou vybavené jezdcí, které se poté pomocí horních úchytů přichytí do nosného rámu. Následně se pomocí šroubů přimontuje na jezdcí nosník pro přítlačnou desku. Na něj se posléze pomocí šroubů přišroubuje přítlačná deska. Jedno rameno páky

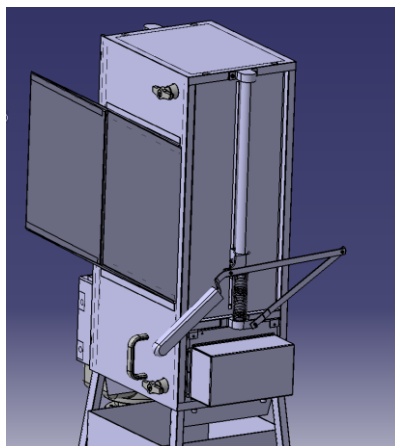
se pak připevní na spodní úchyt. Na konec tohoto ramene se připevní druhé rameno páky, které se zároveň namontuje i na jezdce pomocí šroubu. Na horní páku se pak nasadí rukojeť. Pomocí šroubů se posléze namontují zbylé krycí plechy, jejichž postavení zobrazuje následující obrázek se zakreslením kompletního zakrytí (*Obr. 39*) ([VD_2018_01](#)). Postupně se namontuje **zadní krycí plech (62)**, **spodní vodící plechy (63)** a nakonec **vrchní krycí plech (64)**.



Obr. 39 Kompletní umístění krycích plechů

6.5.1 Popis pohybu pýchovacího zařízení

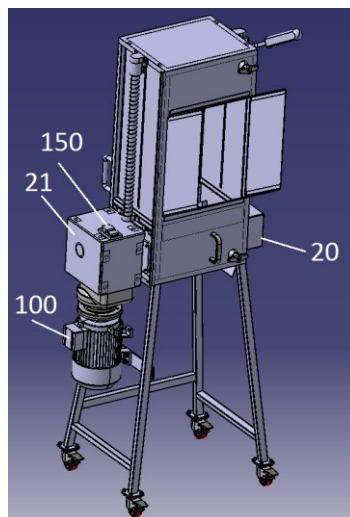
Pýchovací zařízení se rozpohybuje pomocí páky (*Obr. 40*). Tlakem dolů vyvíjeným na páku pýchovadlo vstupní odpadní materiál stlačuje. Ve výkresové dokumentaci ([VD_2018_00](#)) jsou uvedeny zdvihy a rozměry posuvu pýchovací páky.



Obr. 40 Pýchovací páka ve spodní poloze

6.6 Montáž motoru

Motor není samostatně konstruován, jde o vybraný produkt dostupný na trhu. Jde o motor značky Siemens s výkonem P 1,5 kW s označením 1LF7096-4AB. *Obr. 41 Umístění motoru* ([VD_2018_00](#)) ukazuje pozici **motoru (100)** a **krycího plechu na převodovku (21)**, **krycího plechu na převod (20)** a **vypínače (150)**.

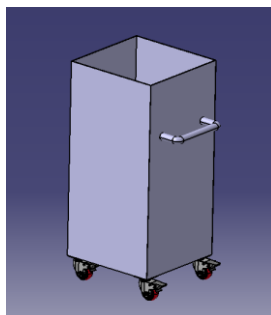


Obr. 41 Umístění motoru

Postup montáže motoru: Motor se pomocí šroubů přichytí k převodovce, současně je připevněn k nosnému rámu skrze rám motoru. Po připevnění motoru a zbývajících krycích plechů je konstrukce drtiče kompletní.

6.7 Odpadní vozík

Odpadní vozík (Obr. 42) (VD_2018_00) slouží jako sběrná nádoba pro výstupní frakci. Je vyroben z hliníkového plechu.



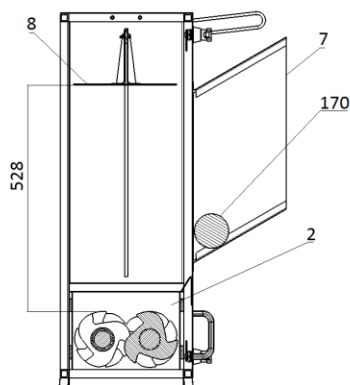
Obr. 42 Odpadní vozík

Postup montáže odpadního vozíku: Všechny stěny konstrukce odpadního vozíku se svaří k sobě pomocí koutového svaru. Následně je pomocí šroubů namontováno madlo. Na závěr jsou k takto sestavené konstrukci namontována pojízdná kolečka.

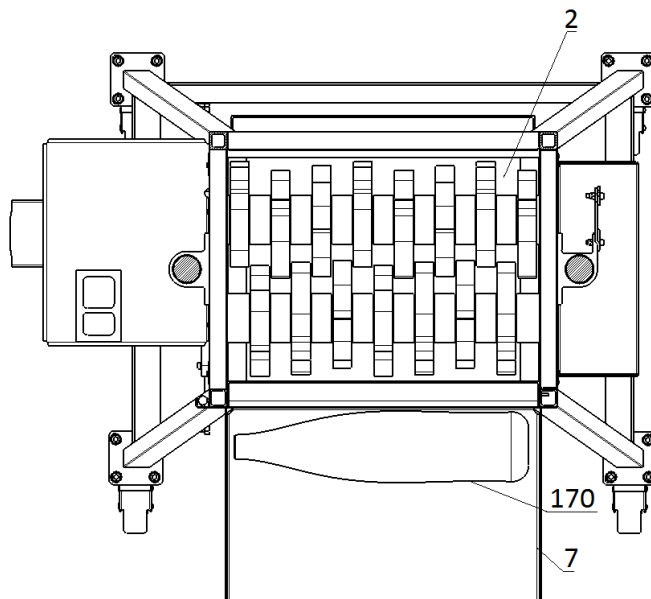
6.8 Řez navrhovaným drtičem odpadu během drcení

Do navrženého drtiče odpadu je možné vstupní odpad vhazovat několika způsoby. Dvěma nejčastějšími z nich je vhození vstupního materiálu souběžně s osou hřídelí, tedy podélně nebo kolmo k ose hřídele.

Na *Obr. 43 Bokorys* - vhození PET lahve do navrhovaného drtiče v poloze podélně a na *Obr. 44 Půdorys* - vhození PET lahve do navrhovaného drtiče v poloze podélně je zobrazena poloha **drticí komory (2)**, **násypky (7)**, **pěchovacího mechanismu (8)** a **vhozené PET lahve (170)** během vhození vstupního materiálu souběžně s osou hřídelí.

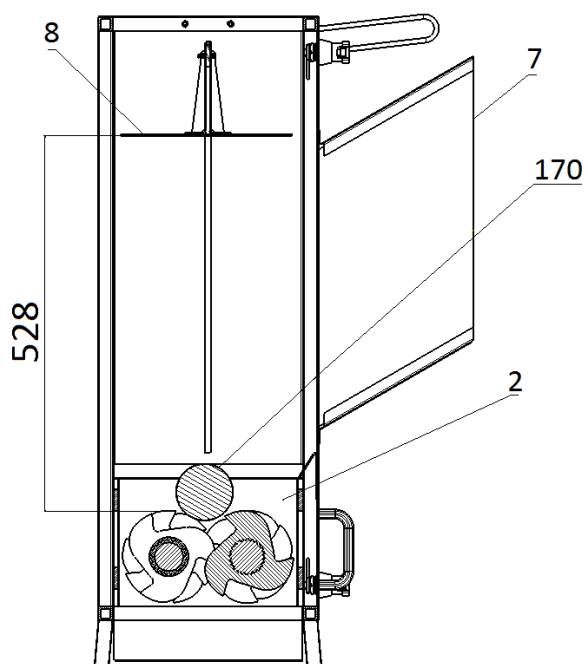


Obr. 43 Bokorys - vhození PET lahve do navrhovaného drtiče v poloze podélně

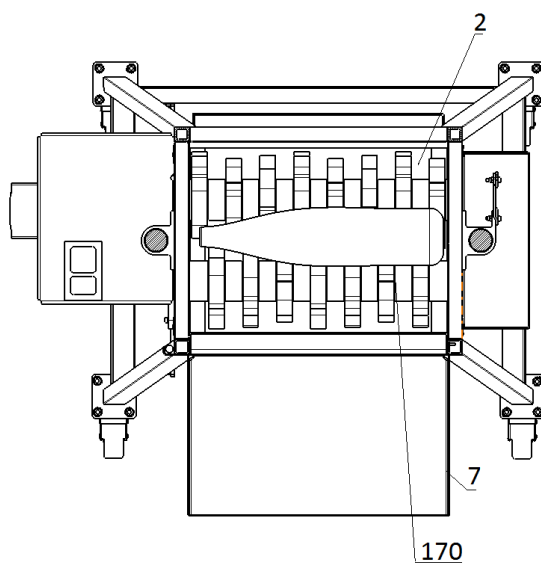


Obr. 44 Půdorys - vhození PET lahve do navrhovaného drtiče v poloze podélně

Takto vhozená PET lahev samovolně sklouzne přímo do drticí komory, kde na ni působí stříhací nože. Tato poloha je zaznamenána na *Obr. 45 Bokorys* – pozice PET lahve v drticí komoře a na *Obr. 46 Půdorys* – pozice PET lahve v drticí komoře.

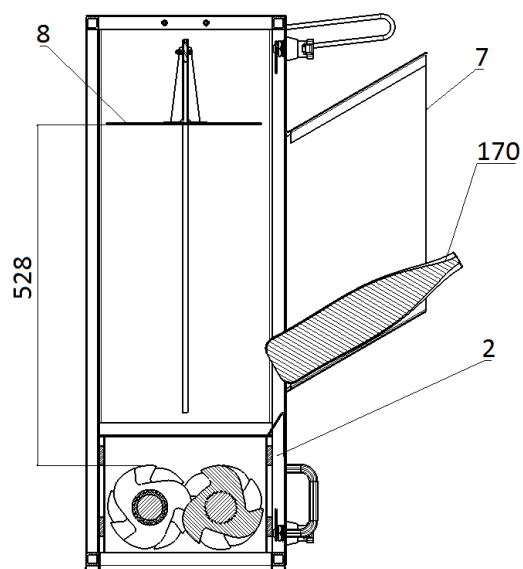


Obr. 45 Bokorys – pozice PET lahve v drtící komoře

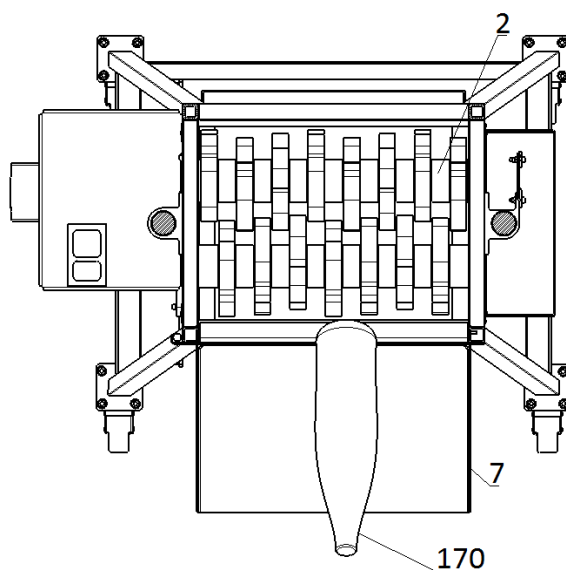


Obr. 46 Púdorys – pozice PET lahve v drtící komoře

Další možný způsob vhození vstupního odpadu do navrhovaného drtiče je v poloze kolmo k ose hřídele. Tento způsob zobrazuje *Obr. 47 Bokorys - vhození PET lahve do navrhovaného drtiče* v poloze kolmo a *Obr. 48 Púdorys - vhození PET lahve do navrhovaného drtiče* v poloze kolmo. Tento způsob vhození odpadního materiálu do drtiče vyhodnocuji jako více užívaný, a to především kvůli přirozenějšímu pohybu rukou, než je tomu při vhazování materiálu podélně.

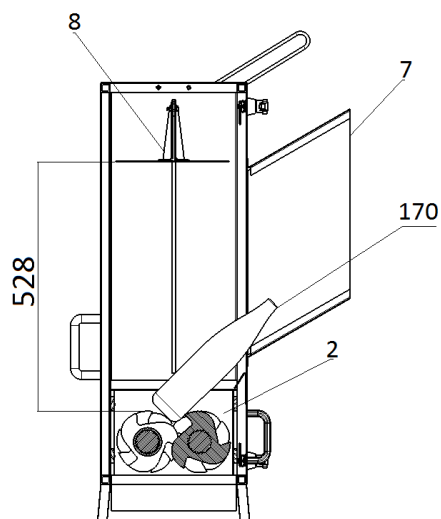


Obr. 47 Bokorys - vhození PET lahve do navrhovaného drtiče v poloze kolmo

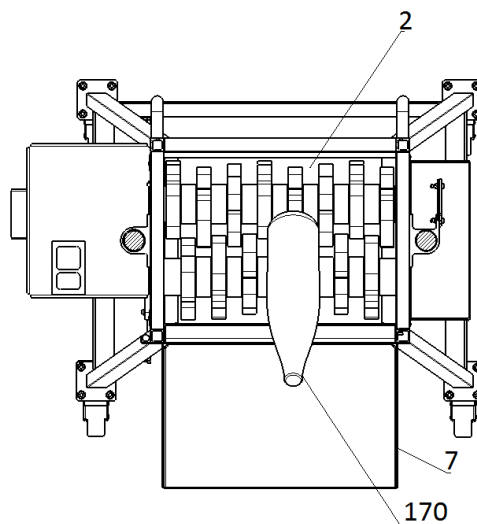


Obr. 48 Půdorys - vhození PET lahve do navrhovaného drtiče v poloze kolmo

Takto vhozená PET lahev samovolně sklouzne přímo do drtící komory, kde na ni působí stříhací nože. Na Takto vhozenou PET lahev ale působí minimálně z počátku za předpokladu udržení této polohy méně stříhacích nožů, než při předchozí variantě. Tato poloha je zaznamenána na *Obr. 49 Bokorys – PET lahev v drtící komoře v pozici kolmo* a na *Obr. 50 Půdorys – PET lahev v drtící komoře v pozici kolmo*.



Obr. 49 Bokorys – PET lahev v drtící komoře v pozici kolmo

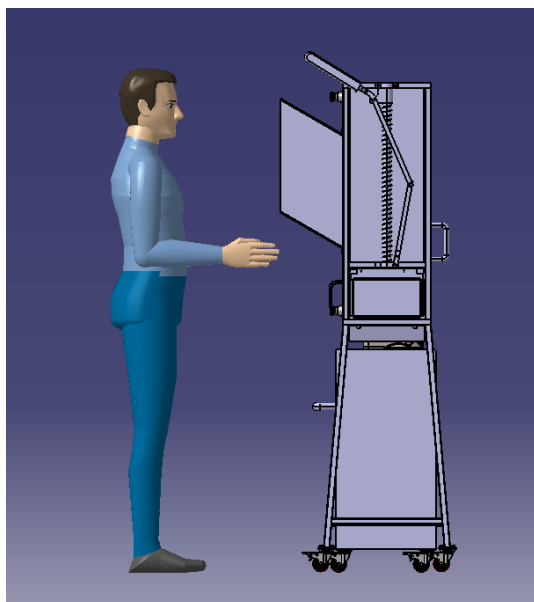


Obr. 50 Půdorys – PET lahev v drtící komoře v pozici kolmo

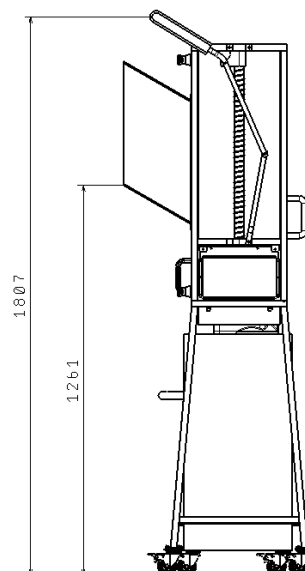
6.9 Ergonomie navrhovaného drtiče odpadu

Podle ergonomických požadavků má být pracovní poloha navrženého stroje v úrovni loktů obsluhujícího člověka. Jako předlohu pro umístění jednotlivých částí navrhovaného stroje jsem zvolil muže o výšce 175 cm. Násypka pro vhazování vstupního odpadu je lehce nad jeho lokty, což umožňuje pohodlnou pracovní pozici. Tlačná páka pro přechovač je umístěna v úrovni hlavy až mírně nad hlavou, uživatel tak nebude muset překonávat paží velké vzdálenosti. Ergonomie je zobrazena na *Obr. 51* Pozice stroje vůči postavě

Obr. 52 Ergonomie navrhovaného drtiče odpadu.



Obr. 51 Pozice stroje vůči postavě



Obr. 52 Ergonomie navrhovaného drtiče odpadu

7. VÝPOČTY NAVRHOVANÉ KONSTRUKCE DRTIČE ODPADU

V této části bakalářské práce jsem se zabýval podrobným popisem jednotlivých výpočtů navrhovaného drtiče plastu, které bylo nutné provést pro návrh konstrukce. Dílčí části výpočtů jsou popsány v následujících podkapitolách, které obsahují výpočet potřebné střížné síly, výpočet potřebného výkonu, výpočet minimálního průměru hřídelí, výpočet kontroly pera na otlacení, výpočet kontroly ložisek, výpočet rozměrů ozubených kol, výpočet evolventního drážkování a výpočet návrhu pružiny a potřeba bylo vypočítat i zatížení nosného rámu.

Nejprve bylo potřeba zjistit, jak velká síla bude potřebná pro rozdrcení požadovaného vstupního odpadu. Na základě tohoto výpočtu jsem pak mohl navrhnout parametry pro potřebný motor a převodovku. Dále bylo potřeba vypočítat minimální průměr hřídele tak, aby dokázala přenést požadovaný kroutivý moment.

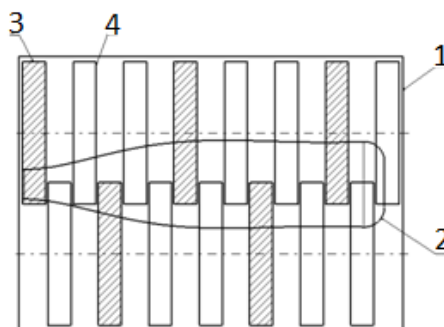
Veškeré výpočty jsem provedl na PET lahvi o objemu 1,75 litru (*Obr. 53*) o rozměrech: průměr cca 80 mm, výška cca 330 mm.



Obr. 53 PET lahev o objemu 1,75 l, na které byly provedeny výpočty [6]

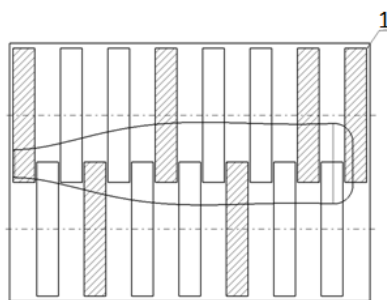
7.1 Výpočet potřebné střížné síly

Na začátku je nutné stanovit, kolik stříhacích nožů bude PET lahev v drtící komoře stříhat, abychom mohli posléze vypočítat potřebnou střížnou sílu. V návrhu konstrukce drtiče odpadu jsem nejprve zvolil počet stříhacích nožů na pět. Na *Obr. 43* *Bokorys - vhození PET lahve do navrhovaného drtiče v poloze podélně* je popsáno jejich detailní rozvržení: **drtící komora (1)**, **PET lahev 1,75 l (2)**, **stříhací nůž v záběru (3)** a **stříhací nůž mimo záběr (4)**. V záběru je celkem pět stříhacích nožů, zbylých deset je mimo záběr. Polohu PET lahve jsem zvolil vodorovnou, aby výpočet potřebné střížné síly byl vypočítán v nejkritičtějších momentu. Kvůli této poloze PET lahve jsou pro výpočet důležité ty části PET lahve, které mají největší plochu průřezu, tedy hrdlo a dno PET lahve. Za zvolených podmínek, kdy je v záběru pouze pět stříhacích nožů, stříhá hrdlo PET lahve pouze jeden nůž, zbylé čtyři nože v záběru stříhají do stěn nádoby.



Obr. 54 Schéma umístění PET Lahve 1,75 l v drtící komoře s 5 noži v záběru

V takovéto poloze ale nepůsobí žádný z nožů v záběru na dno PET lahve, tedy na jednu z kritických částí, a proto jsem se rozhodl přidat do záběru ještě jeden stříhací nůž, který bude řezat do dna nádoby. Následující schéma znázorňující umístění PET lahve v drtící komoře (*Obr. 55*) zobrazuje **umístění šestého stříhacího nože v záběru (1)**.



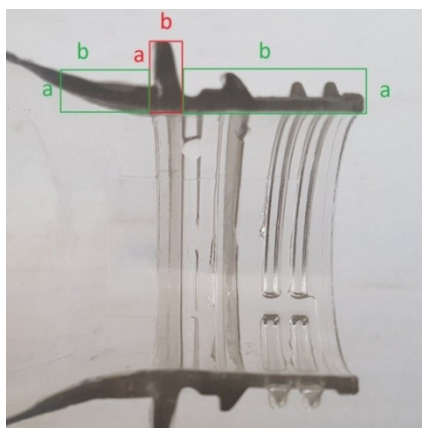
Obr. 55 Schéma umístění PET Lahve 1,75 l v drtící komoře s 6 noži v záběru

Plochu průřezu jsem počítal v kritických místech PET lahve 1,75 l. Jejich pozice je označena červeným kroužkem na *Obr. 56 Podélně rozřezaná PET lahev 1,75 l s vyznačením kritických momentů* [6].



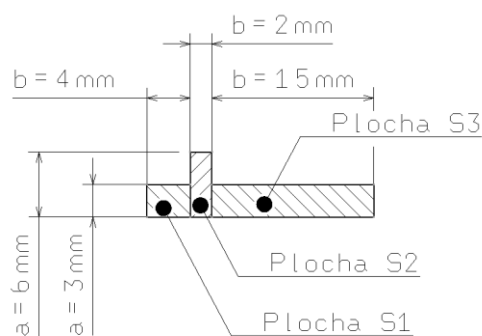
Obr. 56 Podélně rozřezaná PET lahev 1,75 l s vyznačením kritických momentů [6]

Nejprve jsem plochu průřezu začal počítat u hrdla PET lahve 1,75 l. Šlo o poměrně složitý tvar, a proto jsem pro zjednodušení výpočtu tento tvar nahradil třemi obdélníkovými průřezy. Jejich rozmístění je zakresleno v následujícím detailu (*Obr. 57*) a pouze pro lepší přehlednost barevně označeno zeleně a červeně.



Obr. 57 Detail hrdla PET lahve 1,75 l s vyznačením obdélníkových průřezů [6]

Hrdlo PET lahve jsem tedy nahradil třemi obdélníkovými tvary o celkové ploše $S = 69 \text{ mm}^2$ o straně a která nahrazuje výšku hrdla a o straně b která znázorňuje šířku stříhacího nože v záběru.



Výpočet plochy S1

$$S1 = a \cdot b = [mm^2] \quad (1)$$

$$S1 = 3 \cdot 4 = 12 \text{ mm}^2$$

Výpočet plochy S2

$$S2 = a \cdot b = [mm^2] \quad (2)$$

$$S2 = 6 \cdot 2 = 12 \text{ mm}^2$$

Výpočet plochy S3

$$S2 = a \cdot b = [mm^2] \quad (3)$$

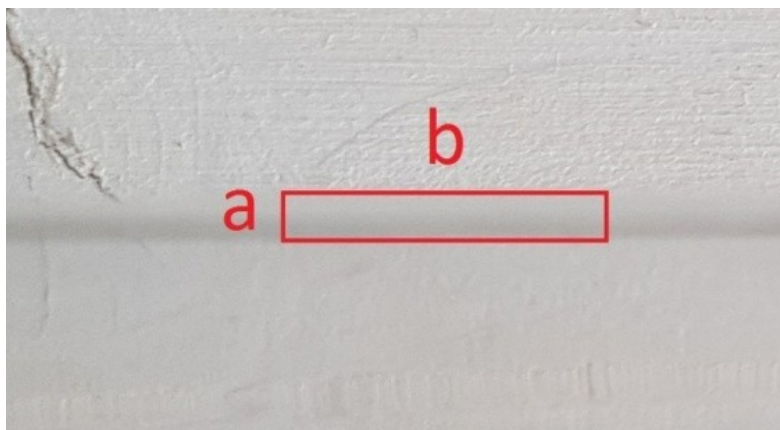
$$S2 = 3 \cdot 15 = 45 \text{ mm}^2$$

Celková plocha S

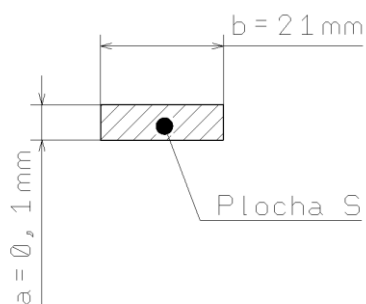
$$S2 = S1 + S2S + S3 = [mm^2] \quad (4)$$

$$S2 = 12 + 12 + 45 = 69 \text{ mm}^2$$

Plochu průřezu jsem dále počítal u stěny PET lahve 1,75 l. Pro zjednodušení výpočtu jsem tento tvar nahradil obdélníkovým průřezem o ploše $S = 2,1 \text{ mm}^2$. Jeho pozice je červeně zakreslena na následujícím obrázku (Obr. 58), kdy strana a znázorňuje výšku neboli tloušťku stěny a strana b šířku stříhacího nože.



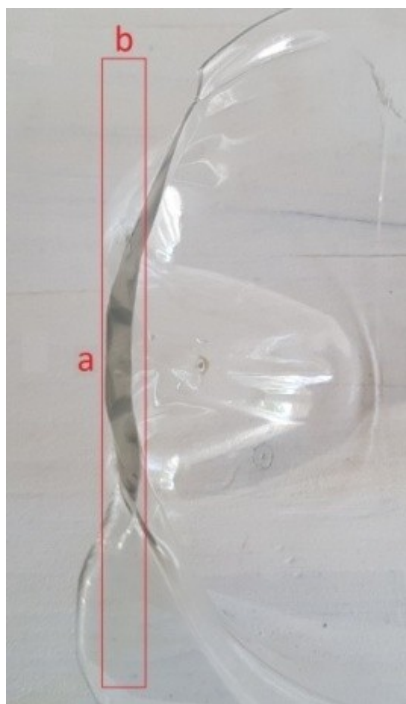
Obr. 58 Detail stěny PET lahve 1,75 l s vyznačením obdélníkového průřezu [6]



$$S = a \cdot b = [mm^2] \quad (5)$$

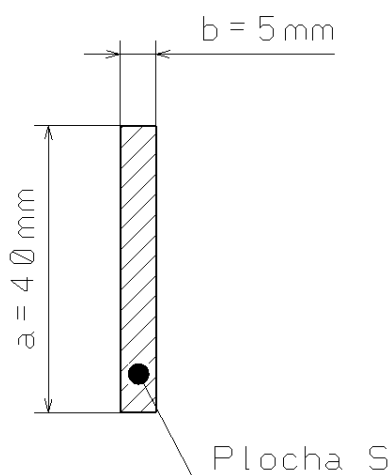
$$S = 0,1 \cdot 21 = 2,1 \, mm^2$$

Poslední potřebný průřez jsem vypočítal na dnu PET lahve 1,75 l. I v tomto případě jsem pro zjednodušení použil obdélníkový průřez, kdy strana a znázorňuje šířku dna a strana b výšku průřezu. Detail umístění obdélníkového průřezu je k vidění na tomto obrázku (Obr. 59).



Obr. 59 Detail dna PET lahve 1, 75 l, s vyznačením obdélníkového průřezu [6]

Celková plocha nahrazeného obdélníkového tvaru je $S = 200 \text{ mm}^2$.



$$S = a \cdot b = [\text{mm}^2] \quad (6)$$

$$S = 40 \cdot 5 = 200 \text{ mm}^2$$

Nyní je potřeba určit mez stříhu a mez tahu u materiálu PET. Ty jsem určil pomocí speciální tabulky, která obsahuje mechanické vlastnosti materiálu PET (*Obr. 60*).

	1.10 - 1.20 g/cc	0.0397 - 0.0434 lb/in³
	@ Temperature 285 - 285 °C	@ Temperature 545 - 545 °F
Apparent Bulk Density	0.830 - 0.950 g/cc	0.0300 - 0.0343 lb/in³
Water Absorption	0.0500 - 0.800 %	0.0500 - 0.800 %
Moisture Absorption at Equilibrium	0.200 - 0.500 %	0.200 - 0.500 %
Water Absorption at Saturation	0.400 - 0.500 %	0.400 - 0.500 %
Particle Size	2500 - 3500 µm	2500 - 3500 µm
Water Vapor Transmission	0.490 - 6.00 g/m²/day	0.0316 - 0.386 g/100 in²/day
Oxygen Transmission	5.10 - 23.0 cc-mm/m²-24hr-atm	13.0 - 58.4 cc-mil/100 in²-24hr-atm
Oxygen Transmission Rate	2.00 - 20.0 cc/m²/day	0.129 - 1.29 cc/100 in²/day
Viscosity Test	62.0 - 86.0 cm³/g	62.0 - 86.0 cm³/g
Maximum Moisture Content	0.350 - 0.400	0.350 - 0.400
Thickness	100 - 1200 microns	3.94 - 47.2 mil
Linear Mold Shrinkage	0.00100 - 0.0200 cm/cm	0.00100 - 0.0200 in/in
Linear Mold Shrinkage, Transverse	0.00100 - 0.0110 cm/cm	0.00100 - 0.0110 in/in
Chemical Properties		
	Metric	English
Acetaldehyde	0.100 - 3.00 ppm	0.100 - 3.00 ppm
Mechanical Properties		
	Metric	English
Hardness, Rockwell M	80.0 - 96.0	80.0 - 96.0
Hardness, Rockwell R	105 - 117	105 - 117
Hardness, Shore D	79.0 - 83.0	79.0 - 83.0
Ball Indentation Hardness	117 - 170 MPa	17000 - 24700 psi
Tensile Strength, Ultimate	2.10 - 90.0 MPa	305 - 13100 psi
Film Tensile Strength at Yield, MD	55.0 - 260 MPa	7980 - 37700 psi
Film Tensile Strength at Yield, TD	53.0 - 265 MPa	7690 - 38400 psi
Tensile Strength, Yield	47.0 - 90.0 MPa	6820 - 13100 psi
Film Elongation at Break, MD	40.0 - 600 %	40.0 - 600 %
Film Elongation at Break, TD	30.0 - 600 %	30.0 - 600 %
Film Elongation at Yield, MD	4.00 - 6.00 %	4.00 - 6.00 %
Film Elongation at Yield, TD	4.00 - 6.00 %	4.00 - 6.00 %
Elongation at Break	4.00 - 600 %	4.00 - 600 %
Elongation at Yield	3.50 - 8.00 %	3.50 - 8.00 %
Modulus of Elasticity	0.107 - 5.20 GPa	15.5 - 754 ksi
Flexural Yield Strength	60.0 - 121 MPa	8700 - 17600 psi
Flexural Modulus	1.90 - 3.17 GPa	276 - 460 ksi
Compressive Yield Strength	1.86 - 103 MPa	270 - 14900 psi
Compressive Modulus	0.0842 - 2.80 GPa	12.2 - 406 ksi
Shear Modulus	0.0279 - 0.0500 GPa	4.05 - 7.25 ksi
Shear Strength	1.19 - 1.80 MPa	173 - 261 psi
Izod Impact, Notched	0.139 - 100 J/cm	0.260 - 187 ft-lb/in
	0.270 - 0.630 J/cm	0.506 - 1.18 ft-lb/in
	@ Temperature -40.0 - -40.0 °C	@ Temperature -40.0 - -40.0 °F

Obr. 60 Tabulka mechanických vlastností materiálu PET [8]

Mez pevnosti ve střihu

$$\tau_{max} = 1,19 - 1,80 \text{ Mpa} \quad (7)$$

Mez pevnosti v tahu

$$R_m = 90 \text{ Mpa}$$

Nyní se dostáváme k výpočtu střížné síly, která se vypočte pomocí tohoto vzorce

$$F_{max} = k_1 \cdot R_m \cdot S \cdot k_2 \cdot k_3 [N] \quad (8)$$

Nejprve začneme výpočtem na hrdle PET lahve. Z výše uvedených výpočtů víme, že má plochu $S = 69 \text{ mm}^2$, nyní potřebujeme dopočítat koeficienty k_1 , k_2 a k_3 . Koeficient k_1 je poměr mezi maximálním odporem ve střihu a mezi pevností stříhaného odpadu. Koeficient k_2 nám určuje zvětšení střížné síly po otupění nožů při dlouhodobém používání. Koeficient k_3 určuje zvětšení boční vůle mezi střížnými noži při dlouhodobém používání.

$$k_2 = 1,15 - 125$$

$$k_3 = 1,2 - 1,3$$

$$k_1 = \frac{\tau_{max}}{R_m} [-] \quad (9)$$

$$k_1 = \frac{1,8}{90} = 0,02$$

$$F_{max} = k_1 \cdot R_m \cdot S \cdot k_2 \cdot k_3 [N] \quad (10)$$

$$F_{max1} = 0,02 \cdot 90 \cdot 69 \cdot 1,2 \cdot 1,25 = 186,3 \text{ N}$$

Zde nám působí řezná síla o velikosti **186,3N**

Následuje výpočet stěny PET lahve. Výslednou sílu musíme vynásobit počtem stříhacích nožů, které stříhají do jednotlivých stěn PET lahve - v našem případě 4 krát. Plocha je $S = 2,1 \text{ mm}^2$. Výpočet probíhá stejně jako v případě hrdla PET lahve, změní se jen plocha průřezu.

$$k_1 = \frac{\tau_{max}}{R_m} [-] \quad (11)$$

$$k_1 = \frac{1,8}{90} = 0,02$$

$$F_{max} = k_1 \cdot R_m \cdot S \cdot k_2 \cdot k_3 [N] \quad (12)$$

$$F_{max2} = 0,02 \cdot 90 \cdot 2,1 \cdot 1,2 \cdot 1,25 = 5,67 \text{ N}$$

Zde nám působí řezná síla o velikosti **8 N** na jeden stříhací nůž, hodnotu ale musíme vynásobit počtem působících stříhacích nožů, v tomto případě čtyři krát.

$$F_{celkov\acute{a}2} = n_z \cdot F [N] \quad (13)$$

$$F_{celkov\acute{a}2} = 4 \cdot 5,67 = 22,68 \text{ N}$$

$n_z [-]$ -počet stříhacích nožů

Následuje výpočet dna PET lahve. Dno má plochu o velikosti $S = 200 \text{ mm}^2$.

$$k_1 = \frac{\tau_{max}}{R_m} [-] \quad (14)$$

$$k_1 = \frac{1,8}{90} = 0,02$$

$$F_{max} = k_1 \cdot R_m \cdot S \cdot k_2 \cdot k_3 [N] \quad (15)$$

$$F_{max3} = 0,02 \cdot 90 \cdot 200 \cdot 1,2 \cdot 1,25 = 540 \text{ N}$$

Celková řezná síla potřebná k drcení této lahve je následující:

$$F_c = F_{max1} + F_{celkov\acute{a}2} + F_{max3} [N] \quad (16)$$

$$F_c = 186,3 + 32 + 540 = 758,3 \text{ N}$$

7.2 Výpočet potřebného výkonu

Nyní vypočítáme kroutivý moment na rotoru.

$$M_{k1} = F_c \cdot r_r [Nm] \quad (17)$$

$$M_{k1} = 758,3 \cdot 0,065 = 49,3 \text{ Nm}$$

r_r [m] -poloměr nože

Návrh konstrukce drtiče počítá se zakomponováním dvou hřídelí, musíme kroutivý moment vynásobit počtem hřídelí.

$$M_{kc} = M_{k1} \cdot u [Nm] \quad (18)$$

$$M_{kc} = 49,3 \cdot 2 = 98,6 \text{ Nm}$$

u [-] -počet rotorů

Potřebný výkon elektromotoru.

$$P_{em} = \frac{M_{kc} \cdot n_z \cdot 2 \cdot \pi \cdot n_v \cdot f_t}{60} [kW] \quad (19)$$

$$P_{Mv} = \frac{98,6 \cdot 6 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 60 \cdot 0,38}{60} = 1411,8 \text{ W} \rightarrow 1,42 \text{ kW}$$

f_t [-] -součinitel tření(0,38 – 0,44)

n_v [-] -požadované otáčky

n_z [-] -počet nožů

Dle vypočítaného výkonu volím motor od firmy Siemens s výkonem P 1,5 kW s označením 1LF7096-4AB, ke kterému volím převodovku od firmy **TOS ZNOJMOKTM43** s převodovým poměrem i 22,8 a výstupní kroutivý moment M_{k2} 210 Nm. Radiální síla F 13 000 N.

7.3 Výpočet minimálního průměru hřídelí

Vlastnosti navrhované hřídele

Materiál - 11600.0

Pevnost v tahu $R_m = 590 - 710 \text{ [Mpa]}$

Mez kluzu $R_e = \min 325 \text{ [Mpa]}$

Výpočet válcového konce hřídele je následující: kroutivý moment M_{k2} a válcový konec hřídele d jsou určeny z výstupu převodovky. Pro kontrolu, že válcový konec hřídele pevnostně vydrží, vypočítám minimální rozměr. Výstupní kroutivý moment z převodovky je $M_{k2} = 210 \text{ Nm}$. Ze vztahu pevnostní podmínky v krutu vypočteme minimální průměr hřídele.

$$\tau = \frac{M_{k2}}{W_k} = \frac{M_{k2}}{\frac{\pi}{16} \times d_{MIN}^3} \leq \tau_{Ds} \quad (20)$$

$$d_{MIN} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \times M_{k2}}{\pi \times \tau_D}} [\text{mm}] \quad (21)$$

$$d_{MIN} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \times 210\,000}{\pi \times 54}} = 27,1 \text{ mm}$$

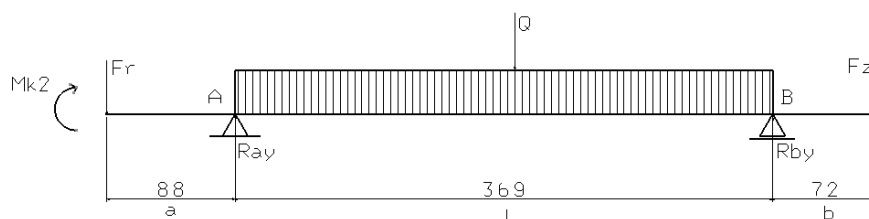
M_{k2} [–] -kroutivý moment na výstupu z převodovky

τ_{Ds} [–] -smykové napětí dovolené pro materiál 11600 vypočtu ze vztahu
 $\tau_{Ds} = 0,6 \cdot \sigma_{Do} = 54 \text{ Mpa}$

$\sigma_{Do} = 90 \text{ Mpa}$

Z výpočtu jsem zjistil, že d_{MIN} je 27,1 mm, proto můžeme použít průměr hřídele převodovky, který je $d=40 \text{ mm}$.

Následuje výpočet reakcí na hřídeli:



$F_r = 13\,000\text{ N}$ -radiální síla od převodovky

$M_{k2} = 210\text{ Nm}$ -kroutivý moment z převodovky

$Q = 350\text{ N}$ -váha rotorů a přítlačná síla

$F_z = 3800\text{ N}$ -radiální síla od ozubených kol

$a = 88\text{ mm}$ -vzdálenost od středu ložiska po sílu F_r

$l = 369\text{ mm}$ -vzdálenost od středů ložisek

$b = 72\text{ mm}$ -vzdálenost od středu ložiska po sílu F_z

Určíme moment k bodu A

$$-F_r \cdot a + Q \cdot \frac{l}{2} - R_{by} \cdot l + F_z \cdot (b + l) = 0 \quad (22)$$

Vyjádříme reakci R_{by}

$$R_{by} = \frac{-F_r \cdot a + Q \cdot \frac{l}{2} + F_z \cdot (b + l)}{l} [N] \quad (23)$$

$$R_{by} = \frac{-13\,000 \cdot 0,088 + 350 \cdot \frac{0,369}{2} + 3\,800 \cdot (0,072 + 0,369)}{0,369} = 1\,616,2\text{ N}$$

Určíme moment k bodu B

$$-F_r \cdot (a + l) + R_{ay} \cdot l - Q \cdot \frac{l}{2} + F_z \cdot b = 0 \quad (24)$$

$$R_{ay} = \frac{F_r \cdot (a + l) + Q \cdot \frac{l}{2} - F_z \cdot b}{l} [N] \quad (25)$$

$$R_{ay} = \frac{13\,000 \cdot (0,088 + 0,369) + 350 \cdot \frac{0,369}{2} - 3\,800 \cdot 0,072}{0,369} = 15\,533,8\text{ N}$$

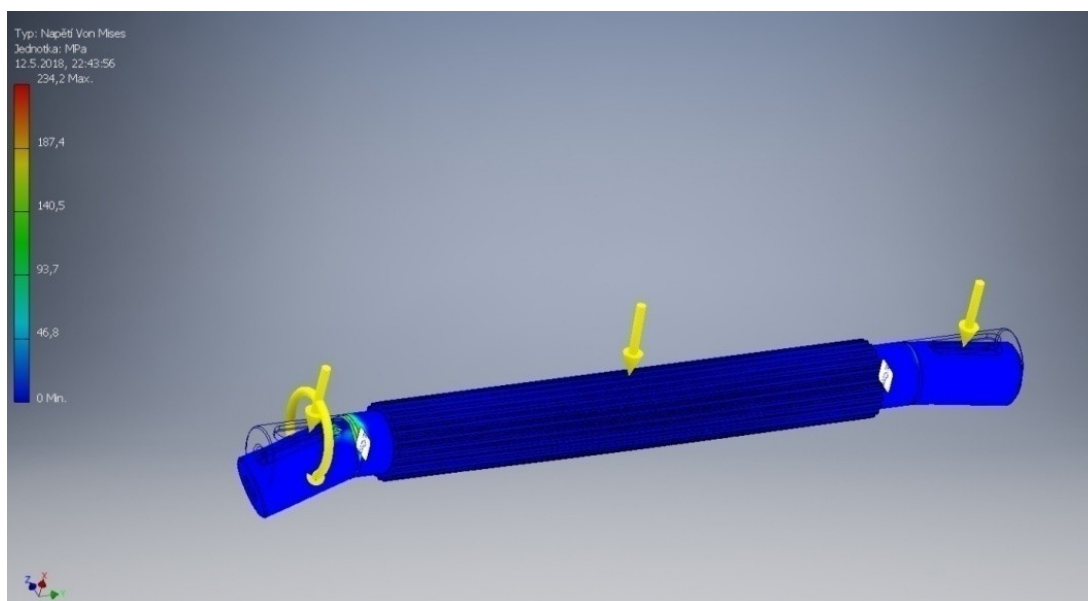
Kontrola pomocí rovnováhy sil

$$-F_r + R_{ay} - Q + R_{by} - F_z = 0 [N] \quad (26)$$

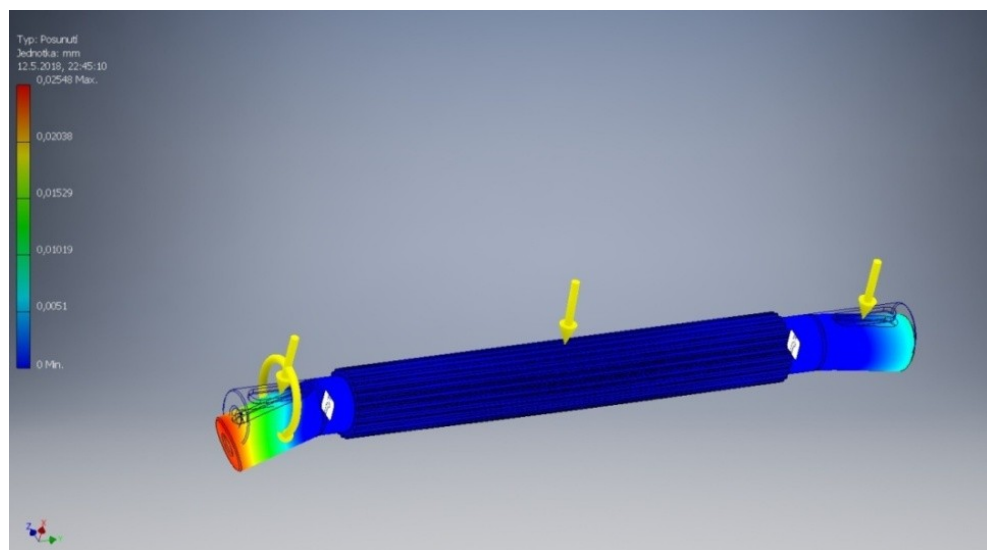
$$-13\,000 + 15\,533,8 - 350 + 1\,616,2 - 3\,800 = 0$$

Výpočet napětí a posunu v hřídeli

Během tohoto výpočtu jsem použil metodu NKP, metou konečných prvků, kdy jsem provedl simulaci zatížení hnací hřídele. Simulaci jsem provedl v programu Inventor. Hřídel jsem zatížil dle vstupních údajů, kdy je hřídel zatížena třemi silami a jedním kroutivým momentem, a následně jsem provedl simulaci. Na *Obr. 61 Simulace napětí* hnací hřídele je zobrazen průběh po zatížení hřídele. Podle barevného spektra je pak patrné, kde na hřídeli působí napětí a jakou má velikost. Červená barva označuje místa s největším napětím, tmavě modrou barvou jsou označena místa s nejmenším napětím. Na *Obr. 62 Simulace posunutí hřídele* je zobrazen průběh posunutí hřídele, kdy opět barevné spektrum určuje velikost posunutí.



Obr. 61 Simulace napětí hnací hřídele



Obr. 62 Simulace posunutí hřídele

7.4 Výpočet kontroly pera na otlačení

Na drtiči jsou použita dvě těsná pera o stejné velikosti. Počítal jsem ale kontrolu pouze u vstupu z převodovky, neboť zde působí větší síla než u ozubených kol.

Základní rozměry těsného pera

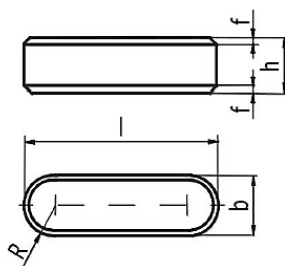
$$b = 12\text{mm}$$

$$h = 8\text{mm}$$

$$l = 20\text{-}90\text{mm}$$

$$t_1 = 3,1\text{mm}$$

$$p_{d2} = 150\text{Mpa}$$



Obr. 63 Rozměry těsného pera

Minimální výpočet délky těsného pera

$$F_r = 13\,000\,N$$

$$t_1 = 3,1\,mm$$

$$p_2 = 150\,MPa$$

$$l' = \frac{F_r}{p_{D2} \cdot t_1} [mm] \quad (27)$$

$$l' = \frac{13\,000}{150 \times 3,1} = 28\,mm$$

$$l = l' + b [mm] \quad (28)$$

$$l = 28 + 12 = 42\,mm$$

Volím pero o délce 50 mm

Kontrola pera

$$p_2 = \frac{F_r}{l \cdot t_1} \leq p_{D2} [MPa] \quad (29)$$

$$p_2 = \frac{13\,000}{28 \times 3,1} = 83,9\,MPa$$

$$p_2 \leq p_{D2}$$

$$83,9 \leq 150$$

Volím pero **e12x8x50ČSN 02 2562**

F_r [N] - radiální síla

l' [mm] - minimální délka pera

t_1 [mm] - výška pera

p_{D2} [MPa] - dovolený tlak

p_2 [MPa] - tlak

l [mm] - délka pera

7.5 Výpočet kontroly ložisek

Hnací i hnaná hřídel je uložena ve dvou kuličkových jednořadých ložiskách typu 6008RS, které jsou krytá z důvodu zamezení zanesení nečistot do prostoru ložisek. Ložiska budu kontrolovat v nejhorsím zatížení. V tomto případě to vychází u Reakce Ray = 16 102 N. Ložisko jsem navrhl od firmy ZKL, kde jsem na jejich internetových stránkách pomocí jejich programu provedl i výpočet podle zvolených parametrů.

Rozměry ložiska

$d = 40 \text{ mm}$ – průměr náboje

$D = 68 \text{ mm}$ – celkový průměr ložiska

$B = 15 \text{ mm}$ – šířka ložiska

Jednořadá kuličková ložiska s těsněním

6008RS

Typ Type	6008RS					
Konstrukce Design	Jednořadá kuličková ložiska s těsněním					
Označení ložiska	Z, ZR, RS, RSR	ZZ, ZZR, ZRS, ZRSR				
	6008RS	6008 ZRS				
Hlavní rozměry Dimensions	d (mm)	D	B	r _s (mm)		
	40	68	15	1		
Výkonové parametry Performance parameters	C _r	C _{or}	P ₀	Grease Z, ZZ	Grease RS, ZRS	Oil Z
	kN	kN	mm ³			
Připravovací rozměry Mounting Dimensions	d	d _s (mm)	D _s (mm)	r _s (mm)		
	44	63	1			
Hmotnost Mass	-1 kg					
	0.2					

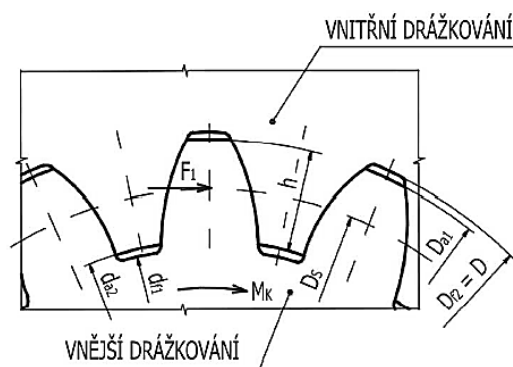
Obr. 64 Rozměry kuličkového ložiska 6008RS [9]

Výpočty	
<p>Základní trvanlivost 10^6</p> <p>$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$ $C = 16.824 \text{ kN}$ $P = 15.5 \text{ kN}$</p> <p>$L_{10} = 1.3 \cdot 10^6 \text{ ot}$</p> <p>Výpočet L_{10}</p>	<p>Výpočet P</p> <p>$P_r = X \cdot F_r + Y \cdot F_a$ $F_a = 0$ $F_r = 15.5$</p> <p>Výpočet P</p>
<p>Základní trvanlivost h</p> <p>$L_{10h} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n}$ $n = 60$</p> <p>$L_{10h} = 355.2 \text{ h}$</p> <p>Výpočet L_{10h}</p>	<p>Základní trvanlivost km</p> <p>$L_{10km} = \left(\frac{C}{P}\right)^p \cdot \frac{\pi D}{1000}$ $D = 68$</p> <p>$L_{10km} = 0.3 \cdot 10^6 \text{ km}$</p> <p>Výpočet L_{10km}</p>

Obr. 65 Výpočet kuličkového ložiska 6008RS [9]

Celkový trvanlivost ložisek je $L_{10h} = 355,2 \text{ hod}$

7.6 Výpočet evolventního drážkování



Obr. 66 Náskres tvaru evolventního drážkování [9]

Nejprve jsem vypočítal geometrii evolventního drážkování a posléze jsem provedl pevnostní výpočet.

Zvolené parametry:

$D = 50 \text{ mm}$ -průměr hřídele

$m = 2$ -modul

$z = 24$ počet zubů

$M_{k2} = 210 \text{ Nm}$

$$d \leq d_{f1} = D - 2.2 \cdot m = [\text{mm}] \quad (30)$$

$$d \leq d_{f1} = 50 - 2.2 \cdot 2 = 45,6 \text{ mm}$$

Hlavové průměry hřídele a náboje:

$$D_{a1} = D - 0,2 \cdot m = [mm] \quad (31)$$

$$D_{a1} = 50 - 0,2 \cdot 2 = 49,6 \text{ mm}$$

$$D_{a2} = d_{f1} + 0,2 \cdot m = [46 \text{ mm}] \quad (32)$$

$$D_{a2} = 45,6 + 0,2 \cdot 2 = 46 \text{ mm}$$

Střední průměr drážkování:

$$D_s = \frac{D_{a1} + D_{a2}}{2} = [mm] \quad (33)$$

$$D_s = \frac{49,6 + 46}{2} = 47,8 \text{ mm}$$

Zatěžující obvodová síla na 1 zub:

$$F_1 = \frac{2 \cdot M_{k2}}{0,5 \cdot z \cdot D_s} = [N] \quad (34)$$

$$F_1 = \frac{2 \cdot 210\,000}{0,5 \cdot 24 \cdot 47,8} = 732,2 \text{ N}$$

Délka drážkového spoje:

$$l \geq \frac{2 \cdot F_1}{(D_{a1} - D_{a2}) \cdot p_D} = [mm] \quad (35)$$

$$l \geq \frac{2 \cdot 732,2}{(49,6 - 46) \cdot 150} = 2,71$$

V mém návrhu volím délku drážkování 21mm a to z důvodu šířky stříhacího nože.

p_D – volím 150 MPa

50 x 2 x 9g ČSN 01 4953 hřídel

50 x 2 x 9H ČSN 01 4953 náboj

D mm -průměr hřídele

m -modul

z -počet zubů

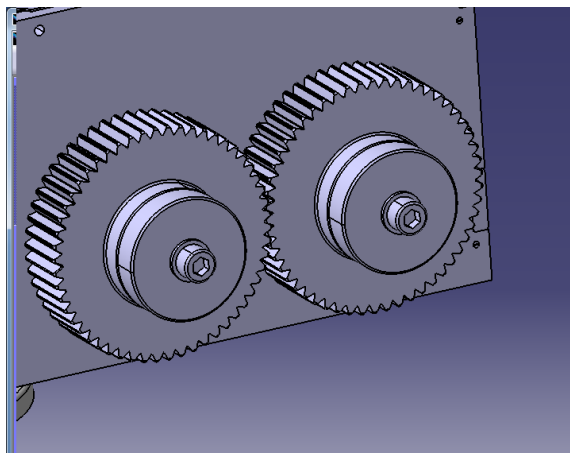
F_1 [N] - zatěžující síla na 1 zub

M_{k2} [Nm] - kroutivý moment z převodovky

l [mm] - délka drážkového spoje

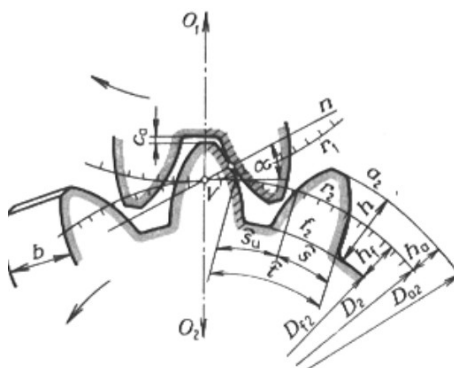
7.7 Výpočet rozměrů ozubeného kola

Aby docházelo k přenosu krotivého momentu z hnací hřídele na hnanou, musí být použitý převod (Obr. 67). Zvolil jsem převod pomocí ozubených kol o stejné velikosti. Aby nedocházelo ke zrychlování nebo zpomalování hnané hřídele, zvolil jsem převod ozubených kol 1:1. Rozměry ozubeného kola vypočítám za užití základních vzorců.



Obr. 67 Převod ozubených kol

Na následujícím schématu (Obr. 68) je zakresleno soukolí ozubených kol s danými rozměry. Při navrhování ozubeného kola jsem vycházel ze vzdálenosti os hřídelí, která je již daná o velikosti 110 mm, a tomu jsem přizpůsobil počet zubů a modul m .



Obr. 68 Schéma použitého ozubeného kola [12]

Vstupní údaje:

$o = D = 110 \text{ mm}$ - osová vzdálenost

$m = 2 \text{ mm}$ – modul

Výpočet výšky hlavy zubu

$$h_a = m = [mm] \quad (36)$$

$$h_a = 2 \text{ mm}$$

Výška paty zubu

$$h_f = m + c_a = [mm] \quad (37)$$

Pro výpočet výšky paty zubu je potřeba vypočítat hlavovou vůli.

Hlavová vůle

$$c_a = 0,25 \cdot m = [mm] \quad (38)$$

$$c_a = 0,25 \cdot 2 = 0,5 \text{ mm}$$

Nyní můžeme pokračovat ve výpočtu výšky paty zubu.

$$h_f = 2 + 0,5 = 2,5 \text{ mm}$$

Výška hlavy zubu

$$h = h_a + h_f = [mm] \quad (39)$$

$$h = 2 + 2,5 = 4,5 \text{ mm}$$

Výpočet počtu zubů

$$D = z \cdot m = [mm] \quad (40)$$

$$z = \frac{D}{m} = [-] \quad (41)$$

$$z = \frac{110}{2} = 55$$

Výpočet průměru hlavové kružnice

$$D_{a1} = D + 2 \cdot h_a = [mm] \quad (42)$$

$$D_{a1} = 110 + 2 \cdot 2 = 114 \text{ mm}$$

Výpočet průměru patní kružnice

$$D_{a2} = D - 2 \cdot h_f = [mm] \quad (43)$$

$$D_{a2} = 110 - 2 \cdot 2,5 = 105 \text{ mm}$$

Výpočet rozteče

$$t^n = \pi \cdot m = [mm] \quad (44)$$

$$t^n = \pi \cdot 2 = 6,28 \text{ mm}$$

Výpočet tloušťky zubu

$$s^n = \frac{t^n}{2} = [mm] \quad (45)$$

$$s^n = \frac{6,28}{2} = 3,14 \text{ mm}$$

Šířka zubní mezery je totožná s tloušťkou zubu.

Výpočet šířky ozubení

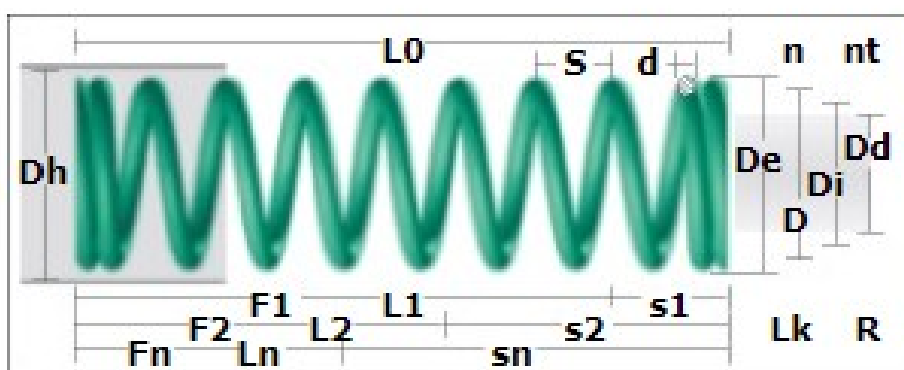
$$b = \gamma_m \cdot m = [mm] \quad (46)$$

$$b = 15 \cdot 2 = 30 \text{ mm}$$

$$\gamma_m = 10 - 30$$

7.8 Výpočet návrhu pružiny

Výpočet pružiny jsem provedl na internetových stránkách firmy Gutekunst Federn. Výpočet byl proveden na tlačné pružině (Obr. 69), kdy jsem potřeboval navrhnout takovou pružinu, aby její rozměry byly o volné délce 650 mm a aby po maximálním stlačení měla výšku 120 mm, a současně byla dodržena maximální tlačná síla 150 N. Podmínka byla, aby se pružina dokázala vrátit na svou původní pozici, a tím vrátila celý mechanismus přechovadla. Váha přechovacího zařízení je přibližně 1 Kg, z toho důvodu musí být pružina předpětí minimálně 12 N.



Obr. 69 Schéma tlačné pružiny

Vstupní údaje

$$d_d = 2,3 \text{ mm}$$

$$D_i = 31 \text{ mm}$$

$$n_p = 34$$

$$L_0 = 650 \text{ mm}$$

$$L_1 = 559 \text{ mm}$$

$$L_2 = 120 \text{ mm}$$

Na Obr. 70 Výpočet tlačné pružiny – výstupní údaje 0 jsou pak popsány následující výsledky výpočtu, kdy stěžejní jsou výsledky F_1 , F_2 , F_n . F_1 udává sílu pracovní poloze, F_2 udává sílu při maximálním stlačení, F_n je síla kritická, při které může dojít k prasknutí pružiny.

Spring calculation



Compute		Diagrams		CAD data		Send inquiry	
New calculation				Print		Search in the catalogue	

General Material: X10 CrNi 18-8 EN 10270-3 / 1.4310 Coefficient k: 1.091 G: 70000.0 N/mm ² E: 185000.0 N/mm ² d-min: 0.10 mm d-max: 10.00 mm Rm min: 1638.0 N/mm ² tau zul: 819.0 N/mm ² tau zul / Rm min: 0.500 tau ko zul: 514.2 N/mm ² tau kh zul: 372.4 N/mm ² Wire length: 3556.91 mm Wire weight: 116.747 g						Quality level as per EN 15800 Dimens.: 1 2 3 Forces: 1 2 3	
						Deviations e1: 32.500 mm e2: 1.068 mm	

Coils n: 32.00 nt-n: 2.00 Adapt: 34.00		Coiling direction <input type="radio"/> left <input checked="" type="radio"/> right		Pitch St.: 20.20 mm ST.W: 10.931 °		Ratios w=D/d: 14.478 L0/D: 19.520		Distances [mm] Sa: 30.50 Sa2: 30.50	
Diameter [mm] d: 2.30 Di: 31.00 ± 0.70 D: 33.30 ± 0.70 De: 35.60 ± 0.70 Dec: 36.72 ± 0.70 Dd max: 30.10 Dh min: 37.72		Lengths [mm] L0: 650.00 ± 22.36 L1: 560.00 L2: 120.00 Ln: 108.70 Lc: 78.20		Deflections [mm] s1: 90.00 s2: 530.00 sn: 541.30 sc: 571.80		Forces [N] F1: 18.65 ± 4.91 F2: 109.83 ± 6.28 Fn: 112.17 Fc t.: 118.49			
				Spring rate R: 0.207 N/mm		Test force for R 0.3 * Fn: 33.65 N 0.7 * Fn: 78.52 N			

Static tau zul: 819.0 N/mm ² tau 1: 130.0 N/mm ² tau 2: 765.4 N/mm ² tau n: 781.8 N/mm ² tau c: 825.8 N/mm ² tau 2 / tau zul: 0.935 tau n / tau zul: 0.955		Dynamic		Buckling limit, theo. LK (v=2): 648.80 mm LK (v=1): 645.19 mm LK (v=0.7): 640.13 mm LK (v=0.5): 630.47 mm	
				Buckling path, theo. sK (v=2): 1.20 mm sK (v=1): 4.81 mm sK (v=0.7): 9.87 mm sK (v=0.5): 19.53 mm	

Reports	
----------------	--

Obr. 70 Výpočet tlačné pružiny – výstupní údaje 0

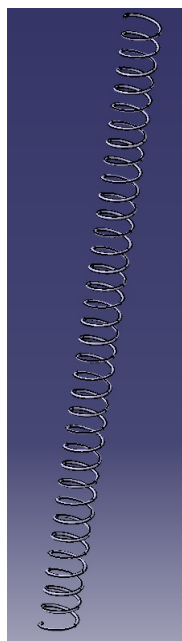
Výstupní údaje

$$F_{p1} = 18,65 \text{ N}$$

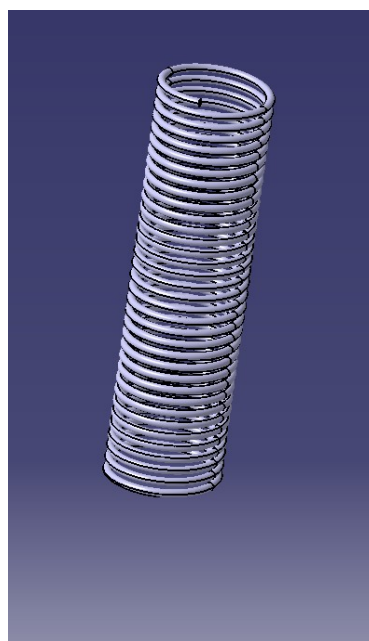
$$F_{p2} = 109,83 \text{ N}$$

$$F_{pn} = 112,17 \text{ N}$$

Následující obrázky pak vyobrazují výslednou pružinu během zatížení (*Obr. 71*) o délce 559 mm, a po zatížení (*Obr. 71*) o délce 120 mm.



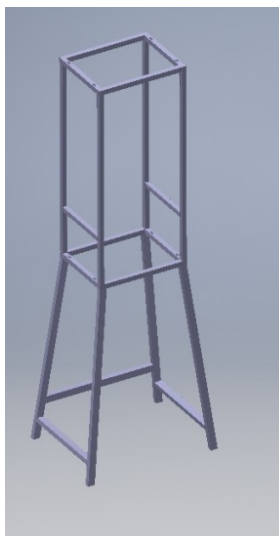
Obr. 71 Pružina během zatížení F_1



Obr. 72 Pružina po zatížení silou F_2

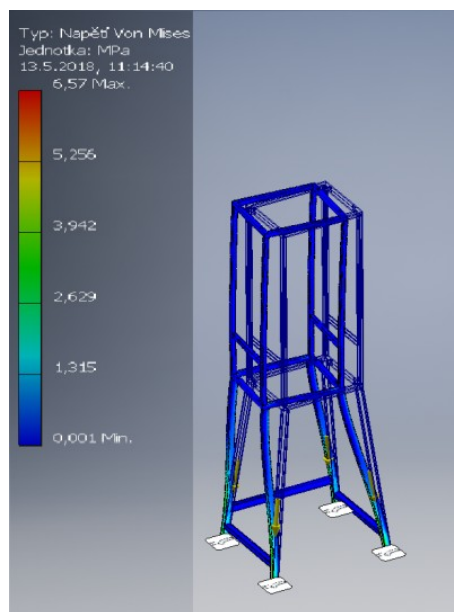
7.9 Výpočet zatížení nosného rámu

Výpočet zatížení rámu (*Obr. 73*) jsem provedl v programu Inventor. Kdy jsem vycházel z toho, že nosný rám je celý svařovaný a tvoří ho jeden celek. Síla, která působí na nosný rám o velikosti 2 800 N je pak rozdělena na 4 stejně velké osamělé síly o velikosti jedné 700 N, které působí na přidané stojny. Při volbě materiálu jsem vybíral z hliníku a oceli. Výpočty jsem provedl pro obě možnosti a posléze vybral lepší variantu.

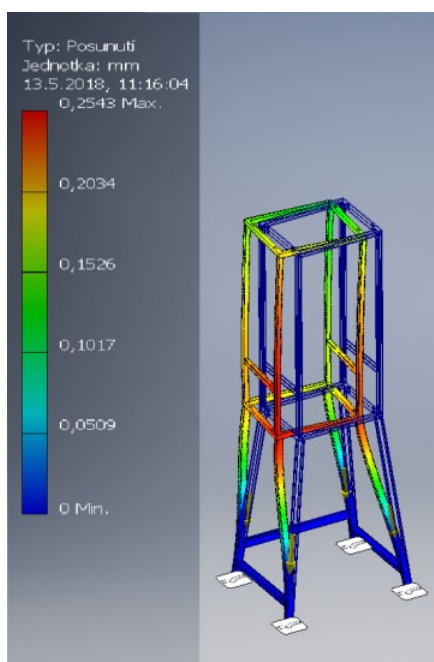


Obr. 73 Zatěžovaný nosný rám

Na *Obr. 74 Simulace napětí v nosném rámu z hliníku* je vyobrazen průběh napětí po zatížení. Barevné spektrum určuje velikost napětí, které na nosný rám z hliníku působí. Červená barva označuje místa s největším napětím, tmavě modrou barvou jsou označena místa s nejmenším napětím. Na *Obr. 75 Simulace posunutí v nosném rámu z hliníku* je znázorněn průběh posunutí, kdy opět barevné spektrum označuje velikost posunutí. Červená barva značí největší posunutí, tmavě modrá pak nejmenší posunutí.

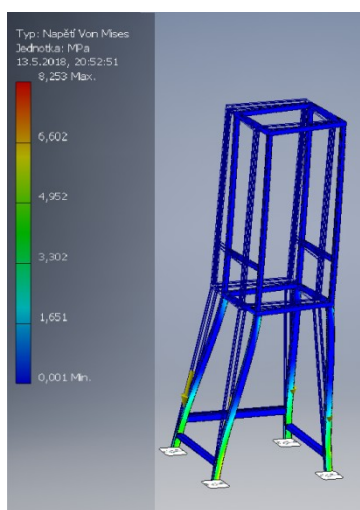


Obr. 74 Simulace napětí v nosném rámu z hliníku

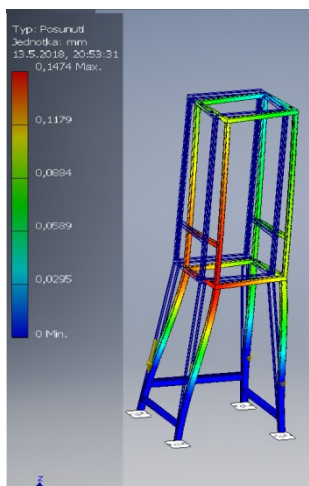


Obr. 75 Simulace posunutí v nosném rámu z hliníku

Na *Obr. 76 Simulace napětí v nosném rámu z ocele* je vyobrazen průběh napětí po zatížení konstrukce. Barevné spektrum určuje velikost napětí, které na nosný rám z ocele působí. Červená barva označuje místa s největším napětím, tmavě modrou barvou jsou označena místa s nejmenším napětím. Na *Obr. 77 Simulace posunutí v nosném rámu z ocele* je znázorněn průběh posunutí, kdy opět barevné spektrum označuje velikost posunutí. Červená barva značí největší posunutí, tmavě modrá pak nejmenší posunutí.



Obr. 76 Simulace napětí v nosném rámu z ocele



Obr. 77 Simulace posunutí v nosném rámu z ocele

V případě konstrukce nosného rámu z ocele vycházejí hodnoty napětí a posunutí lépe, oproti konstrukci nosného rámu z hliníku. Rozdíl nicméně není příliš razantní. Proto jsem zvolil konstrukci nosného rámu z hliníku, protože jeho hlavní výhodou je nízká hmotnost.

8. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vyhotovení návrhu konstrukce drtiče odpadu, který bude splňovat požadované vlastnosti. Výsledkem bakalářské práce je naplnění tohoto cíle, a sice drtič odpadu, jehož konstrukce vychází ze zadaných výchozích parametrů a splňuje zadání bakalářské práce.

Drtič je navržen s ohledem na snadnou manipulaci, bezpečnost při práci a přístup k často se opotřebovávajícím součástem. Drtit odpad je stroj schopen nejen v domácnosti ale i v malých firmách. Výsledný drtič je schopen drtit i další běžně se v domácnostech nebo na pracovištích vyskytující materiály, tedy kromě primárně plastového odpadu i odpadní materiály z papíru, plechu nebo dřeva.

Celý drtící stroj je navržený převážně z hliníkového materiálu, mimo mechanických částic, jako jsou hřídele, stříhací nože, ozubená kola a těsná pera, které jsou vyrobené z ocele. Důvodem použití hliníkového materiálu je jeho váha i na úkor vyšší ceny. Díky použití hliníkové konstrukce jsem ušetřil přibližně 60 Kg.

Celková váha drtícího stroje je 106 Kg. Samotný drtící stroj bez převodovky a elektromotoru váží přibližně 66 Kg. Převodovka váží 24 Kg a elektromotor 15,9 Kg.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretickou část práce tvoří popisy jednotlivých druhů drtičů plastů dostupných na trhu a také popisy možného druhu vstupního odpadu. Tyto řešerše jsou doprovázeny obrázkovou dokumentací. Praktická část je pak zaměřena na samotný popis konstrukce tří variant drtičů, z nichž jsem nakonec vybral jednu výslednou variantu pro samotný návrh drtiče odpadu. Tomuto návrhu drtiče odpadu, jsou pak věnovány podrobné kapitoly obsahující detailní popis konstrukčních částí zvoleného návrhu drtiče, obrázky, výpočty a výkresy.

Pro modelování 3D modelů a vytváření výkresů jsem používal program CATIE V5. Výpočty metodou MKP jsem provedl v programu INVENTOR 2017.

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Odes: Jednohřídelové drtiče. www.odes.cz [online]. 2014. [cit 2018-5-6].
Dostupné z: <http://www.odes.cz/zarizeni/drtice-odpadu/jednohridelove>
- [2] Deos Technology s.r.o.: Drtiče. www.deostech.cz. [online]. [cit 2018-5-6].
Dostupné z: http://www.deostech.cz/drtice/dvouhridelove_drtice
- [3] Výroba lahví s.r.o.: PET lahve. www.vyrobalahvi.cz [online]. [cit 2018-5-6].
Dostupné z: http://www.vyrobalahvi.cz/PET-LAHVE-c2_0_1.htm
- [4] Bema.: Výrobky: www.bema-la.cz [online]. [cit 2018-5-6]. Dostupné z:
<http://www.bema-la.cz/bema-vyroba/eshop/0/0/5/122-Kanyst-5l-PET-NR-26>
- [5] Plastové obaly online: Lahve. www.lahve.info [online]. [cit 2018-5-6]. Dostupné
z: <http://www.lahve.info/lahve/eshop/0/0/5/218-Kanyst-10l-PET-ciry>
- [6] Vlastní fotografie
- [7] HUBKA, V.: Konstrukční nauka. Obecný model postupu při konstruování. Zürich:
Heurista, 1995. 118 s. ISBN 80-90 1135-0-8
- [8] MAT WEB: Mechanické vlastnosti materiálu PET. www.matweb.com [online].
[cit 2018-5-6]. Dostupné z:
<http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=a696bdcdff6f41dd98f8eec3599eaa20>
- [9] ZKL GROUP: Kuličková ložiska. www.zkl.cz [online]. [cit 2018-5-10]. Dostupné
z: <http://www.zkl.cz/cs/cat/2013/srbbs/6008rs>.
- [10] LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel: Strojnické tabulky. Druhé doplněné
vydání. Vydání. Úvaly: ALBRA, 2005. 172 s. ISBN 80-7361-011-6.

- [11] GUTEKUNST FEDEN: Katalog pružin. [online]. [cit 2018-5-10]. Dostupné z: https://www.federnshop.com/cz/katalog_pru%C5%BEin/tlacz%C3%A9_pru%C5%BEiny/v%C3%BDpo%C4%8Det.html
- [12] Střední průmyslová škola Vysoké Mýto nad metují: Ozubené převody. [online]. [cit 2018-5-13]. Dostupné z: <http://dum.spsnome.cz/2011/tp/sr/sr-tp-sps-03-02-Ozubene-prevody.pdf>

10. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Rotor jednohřídelového drtiče	15
Obr. 2 Pracovní prostor dvouhřídelového drtiče	16
Obr. 3 Pracovní prostor čtyřhřídelového drtiče	16
Obr. 4 Pracovní prostor bubnového drtiče [2]	17
Obr. 5 Lahev na víno, 2 litry [3]	18
Obr. 6 Plastový kanystr, 5 litrů [4]	19
Obr. 7 Plastový kanystr, 10 litrů [5]	19
Obr. 8 Nápojová plechovka, 0,5 litrů [6]	20
Obr. 9 Půdorys drtící komory navrhovaného drtiče, Varianta 1	24
Obr. 10 Boční pohled na drtící komoru navrhovaného drtiče, Varianta 1	25
Obr. 11 Celkový boční pohled na navrhovaný drtič, Varianta 1	25
Obr. 12 Půdorys horní části drtící komory navrhovaného drtiče, Varianta 2	27
Obr. 13 Půdorys spodní části drtící komory navrhovaného drtiče, Varianta 2	28
Obr. 14 Boční pohled na drtící komoru navrhovaného drtiče, Varianta 2	28
Obr. 15 Celkový boční pohled na navrhovaný drtič, Varianta 2	28
Obr. 16 Půdorys drtící komory navrhovaného drtiče, Varianta 3	31
Obr. 17 Boční pohled na drtící komoru navrhovaného drtiče, Varianta 3	31
Obr. 18 Celkový boční pohled na navrhovaný drtič, Varianta 3	32
Obr. 19 Celkový pohled - vlastní návrh konstrukce drtiče odpadu	34
Obr. 20 Základ drtící komory	35
Obr. 21 Detail uchycení převodovky	35
Obr. 22 Drtící komora s krycími plechy	36
Obr. 23 Sestava hnací hřídele	36
Obr. 24 Detail stříhacího nože	37
Obr. 25 Sestava hnané hřídele	37
Obr. 26 Přenos kroutivého momentu z hnací hřídele na hnanou	38
Obr. 27 Konstrukce nosného rámu	39
Obr. 28 Detail pojezdového kola	39
Obr. 29 Ukotvení drtící komory v nosném rámu	40
Obr. 30 Detail způsobu ukotvení drtící komory v nosném rámu	40
Obr. 31 Přední strana dvířek	40
Obr. 32 Zadní strana dvířek	41
Obr. 33 Umístění dvířek na nosném rámu drtiče	41
Obr. 34 Detail sestaveného pantu	41

Obr. 35 Sestavené zařízení s krycími plechy s vodícími drážkami	42
Obr. 36 Sestavení konstrukce pýchovadla	42
Obr. 37 Konstrukce pýchovadla z pohledu ze shora s detailem přitlačné desky	43
Obr. 38 Konstrukce pýchovadla z bočního pohledu s detailem na stlačovací páku	43
Obr. 39 Kompletní umístění krycích plechů	44
Obr. 40 Pýchovací páka ve spodní poloze	44
Obr. 41 Umístění motoru	45
Obr. 42 Odpadní vozík	45
Obr. 43 Bokorys - vhození PET lahve do navrhovaného drtiče v poloze podélně	46
Obr. 44 Půdorys - vhození PET lahve do navrhovaného drtiče v poloze podélně	46
Obr. 45 Bokorys – pozice PET lahve v drtící komoře	47
Obr. 46 Půdorys – pozice PET lahve v drtící komoře	47
Obr. 47 Bokorys - vhození PET lahve do navrhovaného drtiče v poloze kolmo	48
Obr. 48 Půdorys - vhození PET lahve do navrhovaného drtiče v poloze kolmo	48
Obr. 49 Bokorys – PET lahev v drtící komoře v pozici kolmo	49
Obr. 50 Půdorys – PET lahev v drtící komoře v pozici kolmo	49
Obr. 51 Pozice stroje vůči postavě	49
Obr. 52 Ergonomie navrhovaného drtiče odpadu	50
Obr. 53 PET lahev o objemu 1,75 l, na které byly provedeny výpočty [6]	51
Obr. 54 Schéma umístění PET Lahve 1,75 l v drtící komoře s 5 noži v záběru	51
Obr. 55 Schéma umístění PET Lahve 1,75 l v drtící komoře s 6 noži v záběru	52
Obr. 56 Podélně rozřezaná PET lahev 1,75 l s vyznačením kritických momentů [6]	52
Obr. 57 Detail hrdla PET lahve 1,75 l s vyznačením obdélníkových průřezů [6]	52
Obr. 58 Detail stěny PET lahve 1,75 l s vyznačením obdélníkového průřezu [6]	54
Obr. 59 Detail dna PET lahve 1, 75 l, s vyznačením obdélníkového průřezu [6]	55
Obr. 60 Tabulka mechanických vlastností materiálu PET [8]	56
Obr. 61 Simulace napětí hnací hřídele	61
Obr. 62 Simulace posunutí hřídele	62
Obr. 63 Rozměry těsného pera	62
Obr. 64 Rozměry kuličkového ložiska 6008RS [9]	64
Obr. 65 Výpočet kuličkového ložiska 6008RS [9]	64
Obr. 66 Náskres tvaru evolventního drážkování [10]	65
Obr. 67 Převod ozubených kol	67
Obr. 68 Schéma použitého ozubeného kola [12]	67

Obr. 69 Schéma tlačné pružiny	70
Obr. 70 Výpočet tlačné pružiny – výstupní údaje [11]	71
Obr. 71 Pružina během zatížení $F1$	71
Obr. 72 Pružina po zatížení silou $F2$	72
Obr. 73 Zatěžovaný nosný rám	72
Obr. 74 Simulace napětí v nosném rámu z hliníku	73
Obr. 75 Simulace posunutí v nosném rámu z hliníku	73
Obr. 76 Simulace napětí v nosném rámu z ocele	74
Obr. 77 Simulace posunutí v nosném rámu z ocele	74

11. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Výchozí parametry konstruovaného drtiče odpadu (str. 2)	21
Tabulka 2 Požadavkový list	22
Tabulka 3 Morfologická matice	23

12. PŘÍLOHY

Příloha A	Katalog elektromotoru Siemens řady 1lf7
Příloha B	Rozměry elektromotoru Siemens
Příloha C	Katalog převodovky KTM TOS ZNOJMO
Příloha D	Rozměry převodovky 1
Příloha E	Rozměry převodovky 2
Příloha F	Výkresová dokumentace

Příloha A Katalog elektromotoru Siemens řady 1lf7

Technické informace

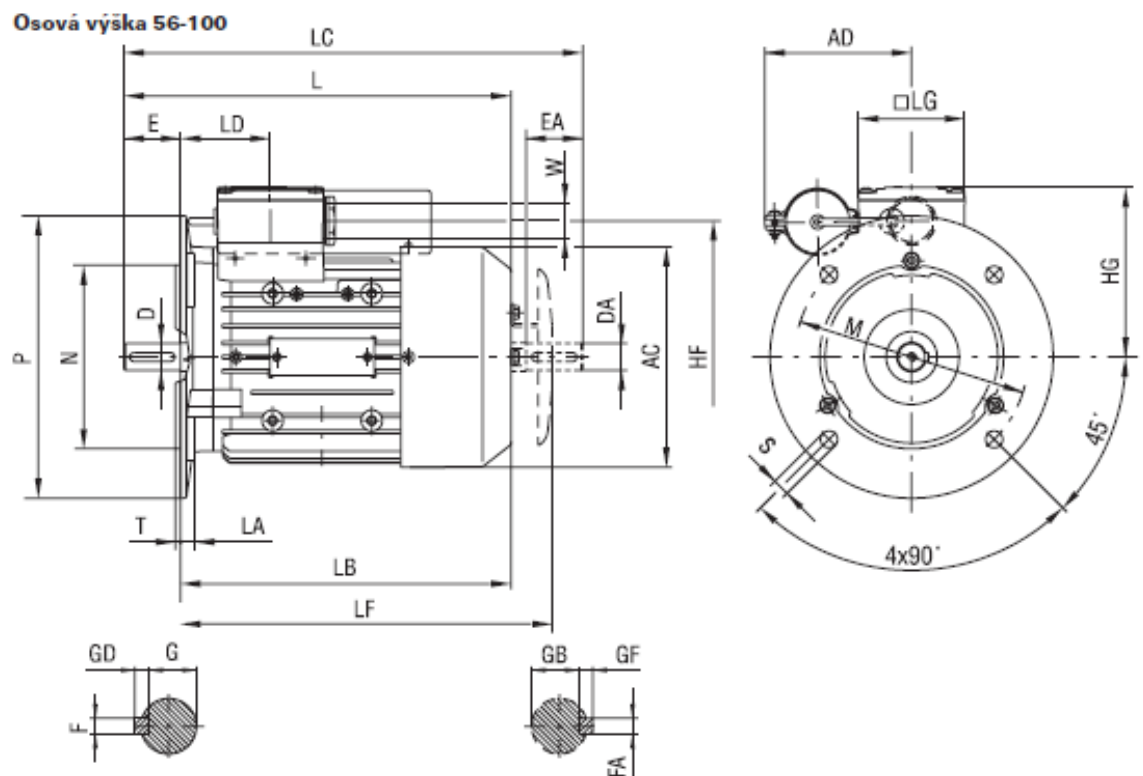
Technická data

Technická data pro výběr a objednání

Jednofázové motory s běhovým kondenzátorem

Jmen. Velikost výkon		Objednací číslo	Parametry při jmenovitém výkonu				Poměrný záběrný moment Mz/Mn	Poměrný záběrný proud Ik/In při přímém spouštění	Poměrný moment zvratu Mmax/Mn	Ca	Moment setrvačnosti J	Hmotnost
			Otáčky	Účinnost η	Účinník $\cos \varphi$	Jmenovitý proud při 230 V						
kW		Označení pro napětí a tvar viz tabulka níže	min ⁻¹	%		A	-	-	-	μF	kg.m ²	Tvar IM B3 kg
0,09	56	1LF7050-2AB..	2870	63	0,98	0,63	0,83	4,2	2,1	3	0,00020	3,5
0,12	56	1LF7053-2AB..	2820	62	0,98	0,86	0,76	3,3	1,6	4	0,00015	3,51
0,18	63	1LF7060-2AB..	2895	62	0,94	1,34	0,51	2,5	4,3	5	0,00028	4,17
0,25	63	1LF7063-2AB..	2850	68	0,99	1,6	0,49	1,9	4,3	8	0,00023	4,97
0,37	71	1LF7070-2AB..	2895	65	0,87	2,85	0,5	2,7	4,2	12	0,00058	5,50
0,55	71	1LF7073-2AB..	2860	65	0,89	4,15	0,42	2,1	4,0	16	0,00045	7,24
0,75	80	1LF7080-2AB..	2905	74	0,97	4,5	0,32	2,36	5,6	16	0,0015	8,80
1,1	80	1LF7083-2AB..	2910	78	0,98	6,25	0,35	2,53	6,1	25	0,0011	10,50
1,5	90	1LF7090-2AB..	2900	74	0,97	9,1	0,42	3,13	6,2	40	0,0025	13,40
2,2	90	1LF7096-2AB..	2810	72	0,98	13,6	0,37	1,75	4,5	50	0,0020	16,10
3,0	100	1LF7106-2AB..	2840	77	0,97	17,5	0,41	2,5	5,1	60	0,0051	23,10
0,06	56	1LF7050-4AB..	1420	55	0,89	0,53	0,44	2,75	1,71	2	0,0003	3,5
0,09	56	1LF7053-4AB..	1405	53	0,96	0,77	0,54	2,2	1,58	4	0,00027	3,5
0,12	63	1LF7060-4AB..	1415	58	0,90	1,0	0,38	1,57	2,60	4	0,00027	4,14
0,18	63	1LF7063-4AB..	1385	58	0,86	1,57	0,54	1,66	2,55	5	0,00027	4,89
0,25	71	1LF7070-4AB..	1400	59	0,99	1,86	0,54	1,58	2,3	10	0,00048	5,28
0,37	71	1LF7073-4AB..	1400	64	0,95	2,6	0,52	1,60	2,5	14	0,0008	7,53
0,55	80	1LF7080-4AB..	1415	69	0,98	3,50	0,50	1,7	3,0	14	0,0006	8,80
0,75	80	1LF7083-4AB..	1405	71	0,96	4,80	0,40	1,64	3,1	20	0,0018	10,10
1,1	90	1LF7090-4AB..	1420	74	0,98	6,6	0,37	1,78	3,1	30	0,0015	12,70
1,5	90	1LF7096-4AB..	1430	77	0,97	8,7	0,35	1,8	3,7	40	0,0035	15,90
2,2	100	1LF7106-4AB..	1395	73	0,98	13,4	0,43	1,92	3,6	60	0,0085	25,70

Příloha B Rozměry elektromotoru Siemens






Typ	Velikost přiruby	AC	AD	HF	HG	L*	LA	LB*	LC	LD	LF	LG	M	N
1LF705.	FF100	116	94	77,5	101	169	8	149	200	69,5	–	75	100	80
1LF7060	FF115	118	94	77,5	101	202,5	8	179,5	232	69,5	208,5	75	115	95
1LF7063						228,5		205,5	258		234,5			
1LF707.	FF130	139	94,5	87,5	111	240	9,5	210	278	63,5	239	75	130	110
1LF708.	FF165	156,5	103,5	96,5	120	273,5	10	233,5	324	63,5	262,5	75	165	130
1LF7083-4,6						316		276	366,5		305			
1LF709.	FF130	173,5	109	104,5	128	331	10	281	389	79	333	75	165	130
1LF7096-2						374		324	432		376			
1LF710.	FF215	196	138	123	163	425	11	365		102	416	120	215	180

Typ	P	S	T	W	D	DA	E	EA	F	FA	G	GB	GD	GF
1LF705.	120	7	3	M 25×1,5	9	9	20	20	3	3	7,2	7,2	3	3
1LF7060	140	10	3	M 25×1,5	11	11	23	23	4	4	8,5	8,5	4	4
1LF7063														
1LF707.	160	10	3,5	M 25×1,5	14	14	30	30	5	5	11	11	5	5
1LF708.	200	12	3,5	M 25×1,5	19	19	40	40	6	6	15,5	15,5	6	6
1LF7083-4,6														
1LF709.	200	12	3,5	M 25×1,5	24	19	50	40	8	6	20	15,5	7	6
1LF7096-2														
1LF710.	250	14,5	4	M 32×1,5	28	28	60	60	8	8	24	24	7	7

Příloha C Katalog převodovky KTM TOS ZNOJMO

Tabulka / Table / Tabelle 6.1

 Typ převodovky / Type of gearbox / Typ des Getriebes

P [kW]	i	50 Hz				F [N]	P [kW]	i	50 Hz				F [N]
		n_2 [min ⁻¹]	M_2 [Nm]	S_i					n_2 [min ⁻¹]	M_2 [Nm]	S_i		
	85,8	16,4	575	1,2	KTM 43	13000		37,7	37,7	380	1,1	KTM 33	5500
	88,9	15,9	595	2,2	KTM 53	15300		43,3	32,6	398	1,7	KTM 43	12600
	94,3	14,9	632	1,1	KTM 43	13000		44,3	31,8	407	3,5	KTM 53	14000
	103,6	13,6	694	2,0	KTM 53	16000		47,7	29,5	439	1,5	KTM 43	12400
	104,2	13,5	698	1,0	KTM 43	13000		51,1	27,6	470	1,4	KTM 43	12200
	104,8	13,5	702	3,5	KTM 63	30000		51,5	27,4	474	2,9	KTM 53	14200
	111,1	12,7	744	3,1	KTM 63	30000		54,9	25,7	505	1,3	KTM 43	12000
	114,3	12,3	766	0,9	KTM 43	13000		57,8	24,4	531	2,5	KTM 53	14500
	121,9	11,6	817	1,6	KTM 53	16000		60,6	23,3	557	1,2	KTM 43	11800
	122,4	11,5	820	2,7	KTM 63	30000		64,2	22,0	590	1,1	KTM 43	11500
	144,4	9,8	967	2,5	KTM 63	30000		64,5	21,9	593	3,7	KTM 63	30000
	149,4	9,4	1001	1,3	KTM 53	15400		65,2	21,6	600	2,5	KTM 53	14500
	173,9	8,1	1165	1,1	KTM 53	15000		65,9	21,4	605	1,1	KTM 43	11300
	178,0	7,9	1192	2,1	KTM 63	30000		69,9	20,2	643	1,0	KTM 43	11300
	189,8	7,4	1271	1,8	KTM 63	30000		70,0	20,1	643	2,1	KTM 53	14200
	201,7	7,0	1351	1,7	KTM 63	30000		72,0	19,6	662	2,2	KTM 53	14200
	218,1	6,5	1461	1,6	KTM 63	30000		77,2	18,3	709	2,0	KTM 53	14200
	220,1	6,4	1475	0,9	KTM 53	14500		78,3	18,0	720	0,9	KTM 43	10700
	245,3	5,7	1643	1,3	KTM 63	30000		78,8	17,9	724	3,5	KTM 63	30000
	261,6	5,4	1752	1,1	KTM 63	30000		80,6	17,5	741	3,2	KTM 63	30000
	277,9	5,1	1862	1,0	KTM 63	30000		82,6	17,1	759	1,8	KTM 53	14200
	300,6	4,7	2014	0,9	KTM 63	30000		88,8	15,9	817	3,0	KTM 63	30000
1,5								88,9	15,9	817	1,6	KTM 53	14100
	5,9	240,7	60	4,1	KTM 33	4400		103,6	13,6	952	1,4	KTM 53	15300
	6,7	211,9	68	3,7	KTM 33	4500		104,8	13,5	963	2,5	KTM 63	30000
	7,7	184,4	78	3,4	KTM 33	4600		111,1	12,7	1021	2,3	KTM 63	30000
	8,8	161,4	89	3,1	KTM 33	4800		121,9	11,6	1121	1,2	KTM 53	15600
	10,3	137,9	104	2,7	KTM 33	4900		122,4	11,5	1125	2,0	KTM 63	30000
	11,7	121,4	118	2,5	KTM 33	5100		144,4	9,8	1327	1,8	KTM 63	30000
	13,4	106,0	135	2,3	KTM 33	5200		149,4	9,4	1373	0,9	KTM 53	16000
	14,5	97,9	146	2,5	KTM 33	5300		178,0	7,9	1636	1,5	KTM 63	30000
	16,5	86,1	166	2,3	KTM 33	5400		189,8	7,4	1744	1,3	KTM 63	30000
	18,8	75,5	190	2,0	KTM 33	5400		201,7	7,0	1854	1,2	KTM 63	30000
	19,2	73,4	177	3,9	KTM 43	13000		218,1	6,5	2005	1,2	KTM 63	30000
	21,6	65,7	218	1,8	KTM 33	5500		245,3	5,7	2255	1,0	KTM 63	30000
	22,8	61,7	210	3,3	KTM 43	13000	2,2						
	25,0	56,3	230	3,0	KTM 43	13000		5,9	240,7	87	2,8	KTM 33	4100
	25,2	56,3	254	1,6	KTM 33	5500		6,7	211,9	99	2,5	KTM 33	4100
	27,5	51,2	253	2,7	KTM 43	13000		7,7	184,4	114	2,3	KTM 33	4300
	28,7	49,5	289	1,4	KTM 33	5600		7,9	179,0	107	3,5	KTM 43	12600
	30,4	46,4	279	2,5	KTM 43	13000		8,6	164,8	116	3,5	KTM 43	12900
	32,8	43,3	331	1,3	KTM 33	5500		8,8	161,4	130	2,1	KTM 33	4400
	33,3	42,3	306	2,3	KTM 43	13000		10,2	138,5	138	3,5	KTM 43	13000
	36,2	38,9	333	2,1	KTM 43	12900		10,3	137,9	152	1,9	KTM 33	4500

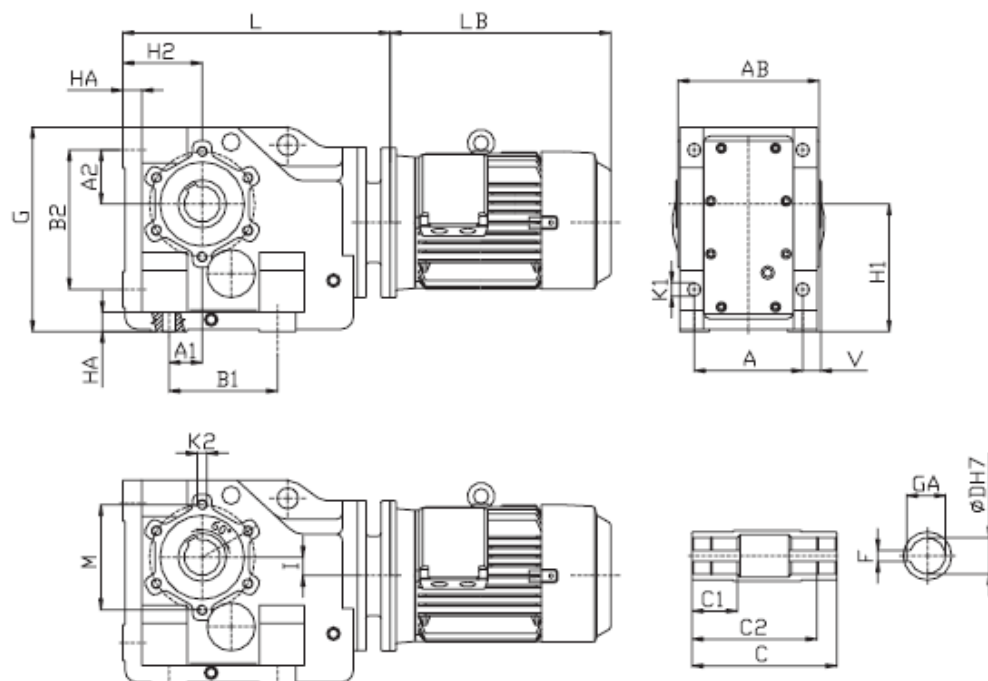
změny vyhrazeny

prior to alterations

Änderungen vorbehalten

Příloha D Rozměry převodovky 1

7.2 Provedení s dutou hřídelí / **Hollow shaft version** / Ausführung mit Hohlwelle



	A1	B1	A2	B2	H1	H2	HA	L *	I	G	m [kg]
KTM 3	35	130	55	130	112	71	18	307	4,00	185	24
KTM 4	30	120	65	160	140	90	24	340	15,00	228	47
KTM 5	40	150	75	200	180	112	27	384 (397)	25,88	288	70
KTM 6	55	180	90	232	212	132	32	444 (469)	30,42	340	105
KTM 7	75	240	110	300	265	160	35	555	29,00	417	180

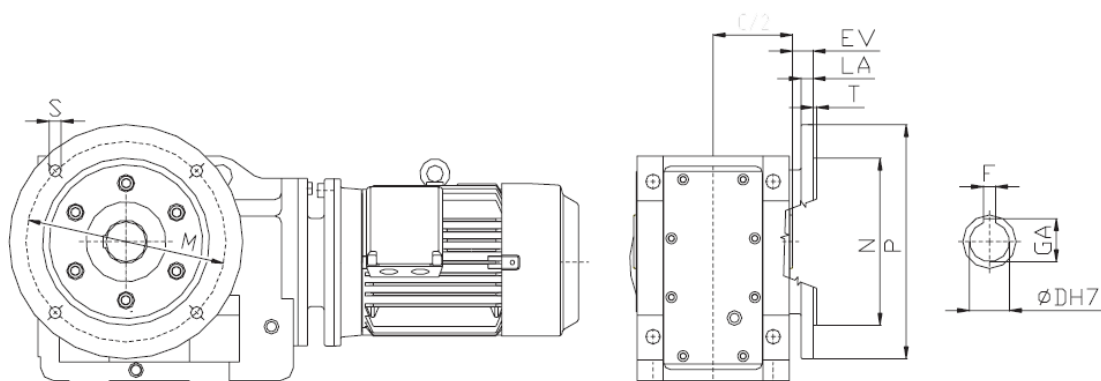
	AB	A	V	DH7	K1	K2	M	F	GA	C1	C2	C
KTM 3	146	120	15,0	35	11,0	M8	100	10	38,3	50	130	150
KTM 4	173	140	20,0	40	13,5	M10	110	12	43,1	70	156	180
KTM 5	202	165	22,5	50	17,5	M16	142	14	53,5	70	183	210
KTM 6	230	180	30,0	60	22,0	M16	175	18	64,2	80	210	240
KTM 7	290	240	30,0	70	26,0	M16	215	20	74,9	100	270	300

* – hodnoty v závorce pro typ motoru 160M (11kW), 160S (15kW)

* – values within brackets for the motor type 160M (11kW), 160S (15kW)

* – Werte in Klammer für Type des Motors 160M (11kW), 160S (15kW)

Příloha E Rozměry převodovky 2



	C/2	M	Nj6	P	S	T	LA	EV	DH7	F	m [kg]
KTM 3	75	165	130	200	11,0	3,5	10	25	35	10	27
KTM 4	90	215	180	250	13,5	4,0	15	23	40	12	50
KTM 5	105	265	230	300	13,5	4,0	16	37	50	14	75
KTM 6	119	300	250	350	17,5	5,0	18	30	60	18	110
KTM 7	150	400	350	450	18,0	5,0	22	20	70	20	200

Příloha F Výkresová dokumentace

Název	Číslo výkresu	Formát
Drtič odpadu	VD_2018_00	A1
Sestava nosného rámu	VD_2018_01	A1
Drtící komora	VD_2018_02	A2
Sestava hnací hřídele	VD_2018_04	A3
Sestava hnané hřídele	VD_2018_05	A3
Svařovaný rám	VD_2018_06	A2
Hnací hřídel	VD_2018_32	A3
Ozubené kolo	VD_2018_29	A3